

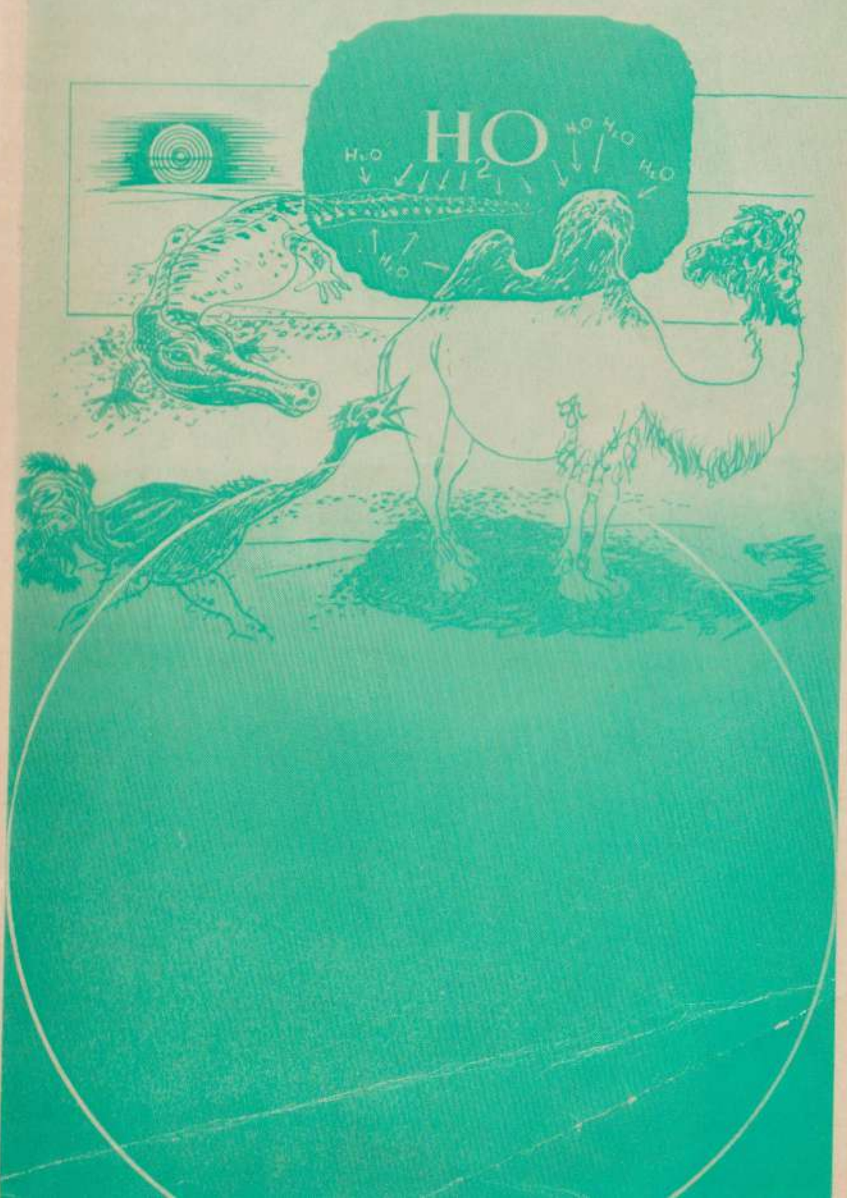
बी. सेर्गेयेव

मनोरंजक शरीर-क्रिया विज्ञान

ИЗДАТЕЛЬСТВО · МИР ·

बी. सेर्गेयेव

मनोरंजक शरीर-क्रिया विज्ञान



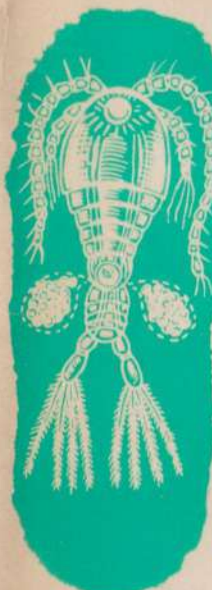


लेखक डॉ बरिस फ्योदरविच सेगयेव हे सुप्रसिद्ध सोविएत शास्त्रज्ञ असून प्रस्तुत "मनोरंजक शरीर-क्रिया विज्ञान" या पुस्तकासह त्यांनी लिहिलेल्या इतर अनेक लोकप्रिय पुस्तकांचा निरनिराळ्या भाषांमध्ये अनुवाद झाला आहे.

बी:. सेर्गेयेव

नोरंजक शरीर-क्रिया विज्ञान





लेखक डॉ बरिस फ्योदरविच सेर्गयेव हे सुप्रसिद्ध सोविएत शास्त्रज्ञ असून प्रस्तुत "मनोरंजक शरीर-क्रिया विज्ञान" या पुस्तकासह त्यांनी लिहिलेल्या इतर अनेक लोकप्रिय पुस्तकांचा निरनिराळ्या भाषांमध्ये अनुवाद झाला आहे.



विनय।

बी. सेर्गेयेव

मनोरंजक शरीर-क्रिया विज्ञान

"मीर" प्रकाशन
मॉस्को

Б. Ф. СЕРГЕЕВ

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

(на языке маратхи)

«Молодая гвардия»
Москва

B. SERGEEV
PHYSIOLOGY FOR EVERYONE

अनुवाद – वसंत सहस्रबुद्धे

वाचकाना विनंती

अनुक्रमणिका

प्रकरण १

प्रकरण २



प्रकरण १

पाणी – एक खाजगी समुद्र

पृथ्वीच्या अस्तित्वाचे कारण पाणीच !

पृथ्वीवरील एखादा खगोलशास्त्रज्ञ आपली दुर्बीण जेव्हा दुसऱ्या एखाद्या ग्रहावर रोखतो तेव्हा त्या ग्रहावर पाणी व प्राणवायु असेल काय याचे कुतूहल त्याच्या मनात नक्कीच असते. हे कुतूहल नैसर्गिकच म्हटले पाहिजे. कारण, हे दोन पदार्थ जेथे असतील तेथे कोणत्या ना कोणत्या प्रकारची – कदाचित पृथ्वीसदृश-जीवसृष्टी अस्तित्वात असण्याची दाट शक्यता असते. आपली पृथ्वी अस्तित्वात आली, ती आजच्या स्थितीप्रत विकसित झाली आणि तिच्या अंतरंगात जीवसृष्टी फुलली ती केवळ पाण्यामुळेच ! खरोखरच, पाणी हा पृथ्वीवरील अत्यंत आश्चर्यजनक पदार्थ म्हटला पाहिजे. त्याबाबत जेवढा अधिक विचार करावा तेवढे आपले आश्चर्य वाढतच जाते.

पाण्याच्या अत्यंत वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्मांबाबत फारच थोड्या लोकानी गंभीरपणे विचार केला असेल. ते साहजिकच आहे. या ग्रहाचा तीन-चतुर्थांश भाग पाण्याखालीच आहे. या विपुलतेमुळे ते अतिसामान्य वाटते. सुमारे एक-पंचमांश जमीन बर्फ आणि हिमकणांनी आच्छादिलेली असते, तर पन्नास टक्के जमीन वाफ आणि जलबिंदू असणाऱ्या ढगांखाली आहे. जेथे ढग नसतात तेथील हवेत वाफेच्या रूपाने पाणी असतेच. मानवी शरिरातही ७१ टक्के पाणी आहे. असे हे अतिपरिचित आणि अतिविपुल पाणी आश्चर्यजनक कोणास वाटेल? पण या दोन कारणांमुळेच ते असामान्य ठरते. एक तर पाण्याएवढा विपुल असा दुसरा कोणताच पदार्थ या पृथ्वीवर नाही. शिवाय, एकाच वेळी घन, द्रव आणि बाष्प या तीनही स्वरूपात पाण्याखेरीज इतर कोणताच पदार्थ आढळत नाही.

पृथ्वीच्या हवामानावर पाण्याची मोठी पकड आहे. पाणी नसते तर हा ग्रह केव्हाच थंडगार झाला असता आणि सारी जीवसृष्टी नष्ट झाली असती. उष्णता साठवून ठेवण्याची पाण्याची क्षमता अनन्यसाधारण आहे. गरम होताना पाणी फार मोठ्या प्रमाणात उष्णता शोषून घेते तर थंड होताना ती बाहेर फेकते. सागर-महासागर, इतर विस्तृत जलाशय आणि वातावरणातील वाफ उष्णता-संचयाचे काम करतात. उष्ण हवामानात ते उष्णता शोषून घेतात आणि थंड होताना बाहेर टाकतात. यामुळेच हवा आणि सभोवतालचे हवामान उष्ण, उबदार होते.

अशा उष्ण, उबदार हवामानाचा थर पृथ्वीभोवती नसता तर अवकाशातील थंडपणाचा शिरकाव पृथ्वीवर केव्हाच झाला असता. या थरातील पाण्याची वाफ म्हणजे जणू लोकरीचे पांघरुणच! वाळवंटी प्रदेशातील हवेत ही वाफ अत्यल्प असते आणि या "पांघरूणात" अनेक छिद्रे असतात म्हणूनच असे असंरक्षित प्रदेश दिवसा भयानक तापतात, पण रात्री जलद गतीने थंड होतात. साहजिकच, वाळवंटीप्रदेशातील तपमानात कमालीचे फेरफार आढळतात.

पाण्याच्या अंगी आणखी एक वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म जर नसता तर ही पृथ्वी, काळाच्या ओघात केव्हाच गोठून गेली असती. सर्वांना ठाऊकच आहे की सर्व पदार्थ जसे जसे थंड होत जातात तसे तसे ते आकुंचन पावतात. पाणी मात्र प्रसरण पावते!!! जर पाणी आकुंचन पावले असते तर बर्फ पाण्यापेक्षाही वजनदार ठरून बुडाला असता. मग क्रमाक्रमाने सारेच पाणी बर्फ होऊन पृथ्वीभोवती बाष्पविरहित अशा हलक्या वायूचा थरच काय तो शिल्लक राहिला असता.

पाण्याचा असामान्य असा आणखी एक गुणधर्म सांगितला पाहिजे. वितळण्याच्या आणि बाष्पीभवनाच्या वेळची पाण्याची प्रकट उष्णता अतिशय मोठी आहे. उष्ण हवामानात राहणे सुसह्य होते ते केवळ यामुळेच. तपमानात बदल न करता पाण्याचे बाष्पीभवन साधून (म्हणजेच मोठ्या प्रमाणात उष्णता बोहर फेकून) माणूस व इतर प्राणी आपल्या शरिराचे तपमान सभोवतालच्या वातावरणाच्या तुलनेने कितीतरी कमी राखू शकतात.

निसर्गात पाण्याचे महत्त्व केवळ अद्वितीय ठरते. पाण्यावाचून या पृथ्वीवर जीवसृष्टी अस्तित्वातच आली नसती. अगदी प्राचीन कालीन समुद्रांमध्ये जे पदार्थ विरघळलेले होते त्यापासून जीवसृष्टी निर्माण झाली. तेव्हापासून सर्व प्राणी-वनस्पतीतील प्रत्येक पेशीत या विरघळलेल्या पदार्थांतर्गत सतत रासायनिक क्रिया-प्रक्रिया घडून येत आहेत.

पाण्याच्या अनेक वैशिष्टचपूर्ण गुणधर्मांपैकी खूपसा अपरिचित असा एक म्हणजे त्याचा पृष्ठभागीय शक्तिशाली बाह्य पापुद्रा होय. जणू ताणलेल्या कातडीप्रमाणे त्याचे स्वरूप असते. पाण्याच्या अगदी वरच्या थरातील अणूंमध्ये आपापसात तीव्र आकर्षण असते व त्यामुळे हा चिवट पापुद्रा निर्माण होतो. जे पदार्थ पाण्यात नक्की बुडतील असे वाटते ते तोलून धरण्याइतपत हा पृष्ठभागीय ताण समर्थ असतो. एखादी टाचणी किंवा पाते पाण्याच्या पृष्ठभागावर जर अलगद ठेवले तर ते न बुडता तरंगते.

पुष्कळशा कीटकांचे जीवन या पापुद्र्याशी निगडित असून आपले सारे जीवन ते या थरावरच व्यतित करतात. वॉटर स्केटर (Water skater) नामक कीटक पाण्यात बुडी मारण्यास किंवा पोहण्यास असमर्थ असतात. ते आपले पाय खूप फाकून या थरावरून घसरत जातात. त्यांच्या पायांच्या टोकांवर दाट केस असतात आणि हे कीटक अगदी अलगदपणे पाण्याच्या पृष्ठभागावर पाय टेकवितात. त्यांच्या वजनामुळे पाण्याचा पृष्ठभागीय पापुद्रा किंचित दबतो पण तो न तुटता किंवा फाटता जसाच्या तसा राहतो.

डासांच्या अळ्या, पाण-भुंगेरा (Water skater) आणि काही प्रकारच्या गोगलगायी या पापुद्र्याच्या खालच्या बाजूने टेकतात. गोगलगायी तर केवळ या पापुद्र्यास धरूनच राहतात असे नाही तर कठीण पष्ठभागाप्रमाणेच या पापुद्र्याला धरून खालच्या बाजूनेच सरकतात.

शास्त्रज्ञाना फार पूर्वीपासूनच ठाऊक आहे की पाणी जेवढे शुद्ध केवढा त्याचा पृष्ठभागीय पापुद्रा विलग होण्यास अधिकाधिक दाब व ताकदीची जरूरी असते. पाण्यामध्ये विरघळलेल्या पदार्थांचे अणू (विशेषतः वायूचे), पाण्याच्या अणूंमध्ये एखाद्या पाचरीप्रमाणे अडकतात आणि त्यामुळे पृष्ठभागीय पापुद्रा कमकुवत बनतो. अगदी शुद्ध पाणी जरी विचारात घेतले तरी त्यातही इतर पदार्थांचे अणू अगदी अत्यल्प प्रमाणात का होईना, पण असतातच आणि तेवढ्यामुळेच हा पापुद्रा पूर्णतया ताकदवान राहत नाही. अडीच सें. मी. व्यासाचा स्तंभ मोडण्यासाठी सुमारे ९०० कि. ग्रॅं. शक्ती लागते. काही प्रकारच्या पोलादांचीच ही ताकद म्हटली पाहिजे. तथापि ही काही आत्यंतिक मर्यादा नाही. शास्त्रज्ञांच्या अंदाजानुसार वरील व्यासाच्याच पण अत्यंत शुद्ध अशा पाण्याचा स्तंभ मोडण्यासाठी तर ९५ टन

शक्तीची जरूरी लागेल. असा एखादा शुद्ध पाण्याचा जलाशय जर अस्तित्वात असलेच तर त्यावरून चालणे तर शक्य होईलच पण बर्फावरील स्केटींग प्रमाणेच त्यावर स्केटींग करता येईल.

"जिवंत" पाणी

बहुतेक सर्व वस्तू तापविल्यावर प्रसरण पावतात, याचे कारण आपणाला माहित आहे का? हे समजण्यास अवघड नाही, उष्णता मिळताच वस्तूतील अणू अधिकाधिक वेगाने हालचाल करू लागतात, पण त्यासाठी पुरेशी जागा नसल्यामुळे ते एकमेकांवर आदळू लागतात, जणू त्यांमध्ये धक्का बुक्की सुरू होते. याचा परिणाम वस्तू प्रसरण पावण्यात होतो. पण या बाबतीत पाणी अपवादात्मक का ठरावे?

पाण्याच्या प्रत्येक अणुमध्ये प्राणवायूचा एक आणि हायड्रोजनचे दोन परमाणू असतात. एखाद्या त्रिकोणाप्रमाणे त्यांची रचना असून त्याच्या एका टोकाशी प्राणवायूचा परमाणू आणि उरलेल्या दोन कोपऱ्यांशी हायड्रोजनच्या परमाणूंचे प्रोटॉन नामक गर्भ असतात. त्यांच्या एकाकी अशा इलेक्ट्रॉनची कक्षा विरूद्ध दिशाना खूप विस्तारित झालेली असते.

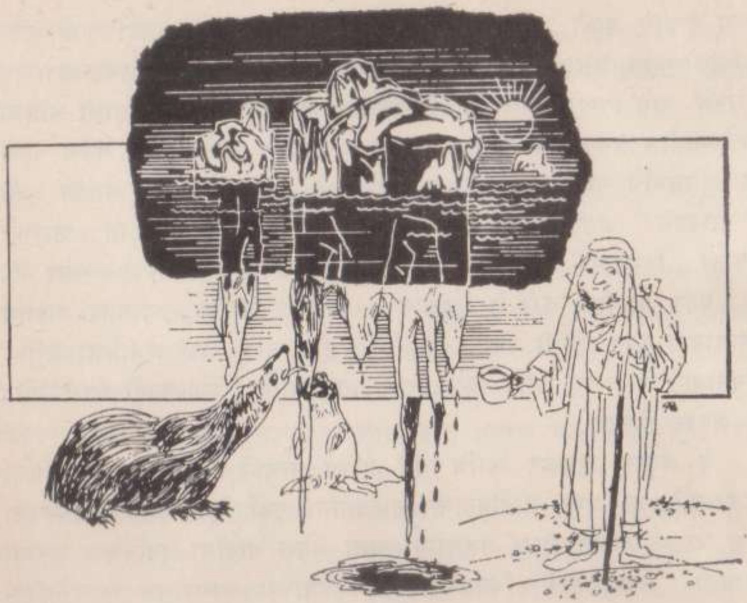
जेव्हा उष्णतामान कमी होते तेव्हा उष्णतेमुळे निर्माण झालेली अणूंची हालचाल कमी होत जाते आणि पाण्याच्या अणूंचे विद्युतचुंबकीय गुणधर्म त्यापेक्षा अधिक प्रभावी ठरतात. प्रत्येक अणू जणू मुक्तहस्ताने दुसऱ्या अणूशी संयोग पावू लागतो. दोन प्रोटॉन, प्रत्येकी एक याप्रमाणे शेजारच्या अणूंचे इलेक्ट्रॉन आकर्षित करतात तर खुद्द त्यांचे इलेक्ट्रॉन, शेजाऱ्यांच्या प्रोटॉनमार्फत हस्तगत केले जातात. परिणामी पाण्याचा प्रत्येक अणू, इतर चारांशी जोडला जातो. यामधून फार सुंदर अशी स्फटिक-जाली निर्माण होते. पाण्याचा एक अणू मावू शकेल एवढी मोठी छिंद्रे त्यामध्ये तयार होतात. या उलट, जेव्हा तपमान वाढत जाते त्यावेळी अणूंची औष्णिक हालचाल तीव्र बनते, त्यामधील बंध विस्कळित होऊन नाहीसा होतो आणि बर्फ वितळू लागतो. जे अणू मोकळे झाले असतात ते या छिद्रात पडतात आणि मग पाण्याचे आकारमान घटते.

द्रवरूप पाण्यात या अणूंची कशी परिस्थिती असते? याबाबत शास्त्रज्ञ काहीशा उशिरानेच विचार करू लागले. भौतिकशास्त्र आणि जीवशास्त्राच्या दृष्टीने पाणी हा बराचसा दुर्लक्षित पदार्थ होता. साहजिकच, त्या दृष्टिकोणातून जसजसा विचार होऊ लागला तसे शास्त्रज्ञ बुचकळ्यात पडू लागले. असे निष्पन्न झाले की वितळलेल्या बर्फापासून मिळणारे पाणी आपला बर्फरूपातील रचनात्मक सांगाडा दीर्घकाळ टिकवून धरते. मात्र सर्वच पाणी या गुणधर्माचे नसते. वितळलेल्या पाण्यामध्ये, जणू बेटांप्रमाणे असंख्य अशी "जलस्थले" असतात की जी आपले बर्फरूप टिकवून धरतात. शास्त्रज्ञ त्याना "हिमकण" म्हणतात. अशा पाण्याचे तपमान अगदी ३० अंश सें. ग्रे. पर्यंत वाढविले तरी हे हिमकण "वितळत" नाहीत. त्यानंतर वाढत्या तपमानात मात्र त्यांची संख्या कमी कमी होत जाते. ४० अंशापेक्षा अधिक तपमानात ते जलद गतीने वितळू लागतात, आणि केवळ काही कालावधीत ते अदृश्य होतात.

हे अदृश्य हिमकण आणि जैव पदार्थ यामध्ये कोणत्या क्रियाप्रक्रिया घडतात? हा प्रश्न सोडविताना शास्त्रज्ञाना पूर्वीपासून माहीत असलेल्या पण अस्पष्ट कारणपरंपरा असणाऱ्या अशा अनेक बाबींचा पुनर्विचार करावा लागला. उदाहरणार्थ, वितळणाऱ्या बर्फप्रदेशाच्या आसपासच सूक्ष्म जीवसृष्टी मोठ्या वेगाने का वाढते? समशीतोष्ण कटिबंधात अनेक कीटकांची अंडी आणि आळ्या यांची वाढ कमी तपमानाशिवाय का होत नाही? वितळलेल्या बर्फाच्या पाण्यावर वाढणारी प्राण्यांची पिले आणि पक्षी जलद गतीने तर वाढतातच पण त्यांची रोगप्रतिकार शक्तीही अधिक असते, असे का? हिवाळ्याच्या सुरुवातीस अनेक प्राणी वितात तर आफ्रिका आणि भारतातील पक्षी उत्तरेकडे दूरवर जाऊन अंडी उबविणे व पिले वाढविणे ही कामे करताना आढळतात. हा काही योगायोग म्हणता येणार नाही.

वरवर भिन्न स्वरूपाची दिसणारी ही कोडी खरी पण त्यामध्ये एकाबावतीत समानता आहे – थंडी, बर्फ आणि त्यापासून वितळलेले पाणी.

कोणताही प्रश्न अर्धवट सोडवणे शास्त्रज्ञाना आवडत नाही. जैव पदार्थांमध्ये पाण्याचे स्वरूप काय असावे हे शोधणे जरूरीचे होते. मोठ्या अणूमधल्या रिकाम्या जागेत पाणी केवळ साचले जात असावे अशी कल्पना होती. पण ती चुकीची ठरली. असे दिसून आले की बहुतांश पेशीचे आणि मोठ्या आकारातील अणूंचे असे पटल, ज्यांच्या तुलनेने पाण्याचे अणू सूक्ष्मातिसूक्ष्म ठरतात, पाण्याच्या अणूंना आकर्षित करतात आणि आपल्या पृष्ठभागावर त्यांची अत्यंत काटेकोरपणे आखणी करून बर्फसदृश स्फटिक-



जाली तयार करतात. अणू जेवढा आकाराने मोठा तेवढे त्यावरील हे 'बर्फा' चे आवरण जाड असते. पेशींच्या जीवद्रव्यात (protoplasm) आणि पेशीपेशींमधील द्रवात हे असे असंख्य "हिम खंड" असतात. पाण्याचा फार मोठा भाग हे जीवपदार्थ गोठवून टाकतात. बर्फापासून वितळलेल्या थंड पाण्याचा आणि थंडीचा परिणाम अनुकूल का, तर पाणी जीवनक्षम असते, म्हणजेच ते गोठले असता "जिवंत" होते.

"जिवंत" पाण्याचा आणखी एक महत्त्वपूर्ण गुणधर्म सांगावयास हवा. असे सिद्ध झाले आहे की, निव्वळ संरचना विचारात घेता, प्रथिने, मेद आणि कार्बोहायड्रेट यांच्याअणूंची संरचना बर्फाच्या अणूच्या संरचनेशी मिळतीजुळती असते. बर्फाच्या स्फटिकमय जाळीतील छिद्रांमध्ये ते सहजगत्या मावू शकतात. यामुळे, जरी पाणी गोठले तरी या अणूना धक्का पोहोचत नाही.

ज्यांची संरचना बर्फाच्या संरचनेशी जुळणारी नसते त्यांच्या बाबतीत पाण्याची प्रतिक्रिया वेगळ्या प्रकारची असते. गोठल्यावर पाणी त्या मोठ्या

अणूंचे अलग तुकडे करून लहान अणूंचे उच्चाटन करते. आर्टिक्ट समुद्रातील बर्फ हा सर्वस्वी गोडया पाण्याचा बर्फ असतो कारण जेव्हा तेथील पाणी गोठते तेव्हा त्यातील सर्व क्षार बाहेर फेकले जातात.

जैविक पदार्थातील अणू आपली ठेवण किंवा रचना विविध कारणांसाठी काही मर्यादेपर्यंत बदलू शकतात. हे मोठ्या प्रमाणात घडले तर साहजिकच असे अणू आपल्या पृष्ठभागांवर बर्फाचा थर निर्माण करण्यास असमर्थ ठरतात अशा नादुरुस्त अणूंची दुरूस्ती सूक्ष्म हिमकणांच्या सहाय्याने होऊ शकते. पाणी अशा अणूंवर गोठून त्याचे हिमकण या अणूना ताणून पूर्वस्थितीस आणतात आणि त्याना पूर्वीची संरचना प्राप्त होते.

जीवसृष्टीस वृद्धावस्थेचा शाप का आहे या प्रश्नाच्या अनेक कारणांपैकी एक कारण हे असावे की त्यामध्ये नादुरुस्त अणूंचे प्रमाण खूप वाढत जाते. जर हे अनुमान खरे असेल तर जीवास पुरेसे हिमकण पुरवून ते परत टवटवीत करणे (पुनर्युवीकरण) शक्य आहे. यासाठी जीवाचे तपमान एवढे कमी करणे जरूरी आहे की त्या तपमानात हिमकण तयार होणे शक्य होईल (असा प्रयोग केलेल्या प्राण्यांमध्ये पुनर्युवीकरणाचा दीर्घकालिन परिणाम झाल्याचे आढळले.) किंवा, जीवास तयार हिमकणांचा पुरवठा तरी केला पाहिजे. वितळलेले हिमजल परिणामकारक का हे आता सहज लक्षात येते.

या दृष्टिकोणातून उकळलेल्या पाण्याऐवजी न उकळलेले पाणी पिणे श्रेयस्कर ठरते. उच्च तपमानात पाण्याची स्फटिकरूप जाळी पूर्णतया नष्ट होते आणि अणू वेगळ्या प्रकारे गुंफले जातात. उकळलेले पाणी गोठविण्यासाठी प्रथम ही वेगळी गुंफण किंवा बंध नष्ट करावे लागतात आणि ते सहजगत्या घडत नाही. चांगले शुद्ध आणि नुकतेच उकळलेले पाणी जर कडक थंडीत ठेवले तर ते आपण पुस्तकात वाचल्याप्रमाणे शून्य अंश सें. ग्रे. तपमानास गोठले पाहिजे. पण ते गोठण्यास तपमान शून्याखाली सात अंशापर्यंत जावे लागते.

जे पाणी शून्य अंशाखालीही गोठत नाही त्यास अवाजवी थंड पाणी म्हटले जाते. जीवपदार्थात या अवाजवी थंड पाण्याचे प्रमाण वाढल्यास चयापचयाच्या क्रियेतून तयार होणारी घातक द्रव्ये साचू लागतात. कारण, थंड झाल्यावर घातक द्रव्ये पाण्याबाहेर फेकली जाऊन पाणी शुद्ध बनते. उकळलेले पाणी पिण्याचा हा आणखी एक तोटा.

तथापि, "जिवंत" पाण्याचे हे काही एवढेच वैशिष्ट्य नाही. शरिरातील स्नायूंच्या कार्यात हे "हिमखंड" फार महत्त्वपूर्ण कामगिरी बजावित असावेत असे समजले जाते. हे तर खरेच की स्नायूना आकुंचन पावण्यास ज्या ऊर्जेची जरूरी असते ती ॲडोनोसाईन ट्रायफॉस्फोरिक अम्लाचे (adenosinetriphosphoric acid) विघटन होऊन पुरविली जाते. पण खरोखरी काय घडते हे गूढच होते. जीवपदार्थातील पाण्याचे स्वरूप कोणते या संबंधीच्या अभ्यासातून या प्रश्नावर नवा प्रकाश टाकला गेला. स्नायूतील कार्यकारी भाग म्हणजे मायोसिन नामक प्रथिनद्रव्य असून त्याची रचना मण्यांच्या माळेप्रमाणे अनेक आदि मायोसिनची मिळून तयार होते. त्यामधील बंध, केवळ त्याना एकत्रित ठेवण्याइतपतच ताकदवान नसून या आदि मायोसिनची साखळी अधिक आक्रसविण्यास किंवा सघन करण्यासही समर्थ असतो. असे दिसून येते की, ही साखळी ताणलेल्या स्थितीत ठेवण्यास पाण्याची स्फटिकरूप जालीय रचनाच कारणीभूत असते म्हणजेच मायोसिन अणूभोवती असणारे बर्फाचे आवरण या ताणशक्तीमागे असते. जर हे आवरण झटकन फुटले, तर साहजिकच आदि मायोसिनची साखळी ताणविरहित होऊन आक्रसते आणि छोट्या सघन रूपाची बनते. ॲडोनायसिन ट्रायफॉस्फोरिक अम्लाच्या विघटनापोटी मिळणारी ऊर्जा वापरून स्नायूंचे प्रत्यक्ष आकूंचन घडत नसून हे बर्फाचे आवरण तुटल्याफुटल्यामुळे घडून येते. नंतर मायोसिनचा अणू हे बर्फसदृश आवरण नव्याने निर्माण करतो आणि साखळी परत ताणली जाऊन स्नायू ढिला पडतो, जणू विश्रांती घेतो!

बर्फाचे आवरण तुटण्याफुटण्याची क्रिया अचानक, क्षणार्धात घडते. एखाद्या "हिमखंडा"नजिक एखादा मुक्त प्रोटॉन आल्यास त्यापैकी पाण्याचा एखादा अणू तो समावून घेईल. पण अणूमध्ये दोन प्रोटॉनसाठीच जागा असल्यामुळे स्वतःचा एक प्रोटॉन तो शेजारच्या अणूस देईल. हा दुसरा अणू तो स्वीकारेल खरा पण स्वतःचा एक प्रोटॉन दुसऱ्या शेजाऱ्यास देईल. विजेच्या प्रवाहाप्रमाणे ही प्रक्रिया पुढे पुढे सरकत रांगेतील सर्व अणून घडून येईल. परिणामी "हिमखंड" वितळण्यास सुरुवात होईल. (प्रोटॉनमध्ये जो बंध असतो त्यामुळे अणू एकत्रित राखले जातात आणि प्रोटॉन इतर अणंच्या हवाली झाले की अणू विस्कळित होतात).

"मृत" पाणी

दुसरे महायुद्ध चालू होते. त्यावेळी मोठ्या नाट्यमय आणि गूढ अशा तीन घटना घडल्या. तथापि, दीर्घकाळ त्या कोणाच्याच फारशा लक्षात आल्या नाहीत.

पहिली घटना फ्रान्समध्ये घडली, १६ मे १९४० रोजी. नाझी फौजा पॅरिसवर चाल करून येत होत्या. अशा वेळी ज्युलिअट क्यूरी प्रयोगशाळेतील दोन शास्त्रज्ञ फ्रान्सच्या दक्षिणेस गुप्तपणे चालले होते. त्यांच्याजवळ काही सीलबंद डबे होते. बोर्डबूक्स बंदरात हे डबे ब्रॅम्पार्क् नावाच्या ब्रिटिश नौकेवर चढविण्यात आले. ते नुसतेच बोटीवर न ठेवता एका तराफ्यावर पक्के केले होते. कल्पना अशी की शत्रूच्या पाणबुडीने यदाकदाचित बोट बुडवलीच तर तराफा तरंगत राहून डबे सुरक्षित राहतील. सुदैवाने काही न घडता बोट सुरक्षितपणे इंग्लडला पोहोचली. एवढा कोणता मौल्यवान पदार्थ त्या डब्यांमध्ये होता? .. पाणी!!

दुसरी गूढ घटना जर्मनव्याप्त डेन्मार्कमध्ये घडली. एका वादळ्या रात्री छोट्या नावेतून नील्स बोर ह्या सुप्रसिद्ध शास्त्रज्ञाने स्वीडनमध्ये गुपचुप पलायन केले. त्याच्याजवळ दारूची एक बाटली होती आणि ती तो प्राणाच्या मोलाने जपत होता. बाटली दारूची खरी पण तीमध्ये दुसरे काहीतरी होते. कशाने ती भरली होती? .. पाण्याने!!

नॉर्वेमधली घटनाही काही कमी गूढ नव्हती. १९४२ मध्ये नॉर्वेतील जुकान नामक गावावर ब्रिटिश छत्रीधारी सैनिकानी अचानक तुफान हल्ला चढवला. त्याचे कारण बराच काळ अज्ञात राहिले आणि युद्ध संपल्यावरच ते उघडकीस आले. हा एवढा मोठा धाडसी हल्ला केला गेला तो तेथील एक लहानसा कारखाना नष्ट करण्यासाठी. तो कारखाना असे कोणते धोकादायक साहित्य निर्माण करीत होता? .. पाणी!! कारखान्यात असलेले बारशे लिटर पाणी नष्ट करण्यासाठी हा हल्ला होता.

या अनाकलनीय घटनांमागील सूत्रधार कोण होते तर ते पाणी... पण नेहमीचे नव्हे तर "जड पाणी" म्हणून ओळखले जाणारे.

जड पाण्याचा शोध अलिकडचाच म्हटला पाहिजे. सुमारे पन्नास वर्षापूर्वी अमेरिकन शास्त्रज्ञ युरी यास असे आढळून आले की नेहमीच्या साध्या हैड्रोजनशिवाय जड हैड्रोजनही अस्तित्वात असून त्याच्या अणूंचे वजन नेहमी-

च्या हैड्रोजनच्या तुलनेने दुप्पट भरते. या वस्तुस्थितीमुळे शास्त्रज्ञ चांगलेच बुचकळ्यात पडले आणि या 'नव्या' हैड्रोजनचे ड्यूटेरियम असे नामकरण केले गेले. जणू काही तो हैड्रोजन नसून अगदी वेगळाच पदार्थ आहे या समजूतीने.

आपल्याला ठाऊक आहेच की पाण्याच्या अणुमध्ये हैड्रोजनचे दोन परमाणू आणि प्राणवायुचा एक परमाणू असतो. जर पाण्याच्या अणूत जड हैड्रोजनचे परमाणू असतील तर जड पाणी तयार होते. पुढे असेही दृष्टोत्पत्तीस आले की याहीपेक्षा अधिक जड ट्रिटियम नामक हैड्रोजन अस्तित्वात असून प्राणवायूचेही दोन प्रकार आढळतात. म्हणजे या साऱ्या प्रकारांच्या सरमिसळीतून पाण्याचे अणु तयार होतात. एकूण, पाणी हे अठरा प्रकारच्या विविध संयुगांचे मिश्रण असते आणि त्यापैकी सतरा संयुगे जड पाण्याचे प्रकार असतात.

आपल्या नेहमीच्या वापरातील पाण्यात जड पाण्याचे प्रमाण नगण्य असते. अगदी जड प्राणवायू असणाऱ्या अणूंचे प्रमाण दर दहा लाख भागात एक हजार आणि ड्यूटेरियमयुक्त अणूंचे प्रमाण दोनशे असते. अगदी शुद्ध स्वरूपातील जड पाणी दुसऱ्या महायुद्धाच्या थोड्याआधी प्रथमच तयार केले गेले आणि त्याची अणुबॉम्बच्या निर्मितीसाठी नितांत आवश्यकता होती. यासाठीच दोस्त राष्ट्रांनी नाझींच्या हाती ते पडू नये म्हणून आटोकाट काळजी घेतली.

असे हे जड पाणी असते तरी कसे?

तसे पाहिले तर, ड्यूटेरियमयुक्त जड पाण्याचा जास्त अभ्यास झाला आहे. जड पाणी रंग, वास, चव या बाबतीत साध्या पाण्याप्रमाणेच दिसते खरे, पण जीवसृष्टीच्या दृष्टीने ते पूर्णपणे निरुपयोगी आहे. तर अशा रीतीने जिवंत आणि मृतपाण्याविषयीच्या दंतकथांचा पुनर्जन्म झाला. जडपाणी खरोखरच मृत असल्याचे आढळून आले. जीवन पुढे चालू ठेवण्याची त्यामध्ये क्षमता नाही.

जड पाण्यात ठेवलेल्या बियाना अंकूर फुटत नाही. मासे आणि एकपेशीय जीव तसेच सूक्ष्मजीव या पाण्यात अगदी थोड्याच वेळात मरतात. उंदीरघुशींना जड पाण्यावर ठेवले तर ते जास्त काळ जगू शकत नाहीत. जड पाण्यात साधे पाणी मिसळून या मिश्रणावर त्याना ठेवले तर ते जगतात खरे पण कमालीचे तहानेले होतात. जड पाणी परिणामी मृत्युदायकच आहे.

वृद्धत्व येण्याला, शरिरात वाढत जाणारे जड पाण्याचे प्रमाण कारणीभूत असावे असा एक सिद्धांत मांडण्यात आला पण अद्यापी त्याबाबतीत निश्चित पुरावा मिळालेला नाही.

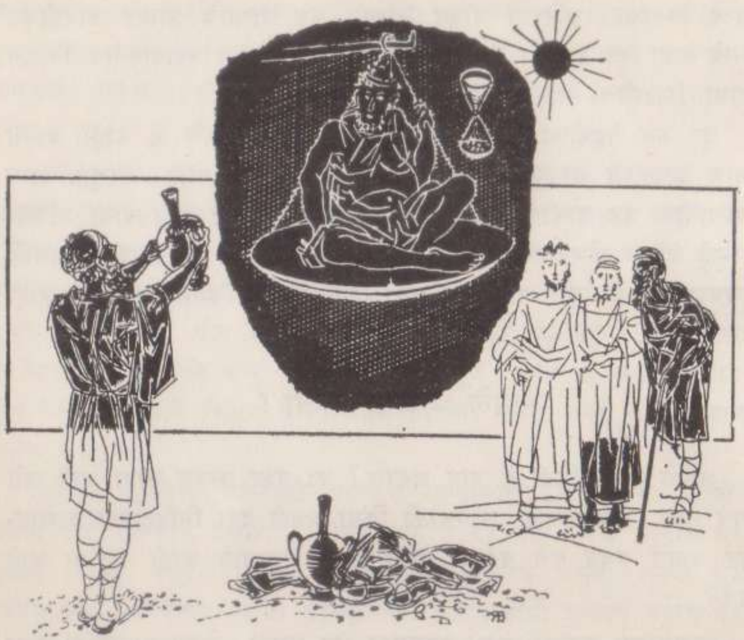
तर मग नेहमीच्या वापरातील पाण्यात जड पाण्याचे जे काही अल्पसे प्रमाण असते ते धोकादायक समजावे का? तसे ते नसते. वस्तुतः अल्प प्रमाणातील जड पाणीला भदायकच ठरते कारण काही जीवनदायी प्रक्रिया त्यामुळे अधिक जोरदारपणे घडून येण्यास मदतच होते. जड पाणी याप्रमाणे प्राणघातक नसले तरी महत्त्वपूर्ण अशा जीवनदायी प्रक्रिया मंदावणे केव्हाही प्राणघातकच.

आपले वजन किती?

आपले वजन किती हे सांगू शकाल? हा प्रश्न फारच सोपा आहे असे समजू नका. दिवसभरात, सायंकाळी किंवा अगदी दहा मिनिटांच्या कालावधीत आपले वजन कसे बदलत असते याची आपणास काही कल्पना आहे काय?

माणसाच्या वजनात सतत चढउतार होत असतो. जेवण झाल्यावर वजन वाढणार हे खरेच पण इतर काही कारणांमुळे लक्षात येणार नाही अशा पद्धतीने वजन बदलत असते. सुमारे तीनशे वर्षांपूर्वी सँक्टोरियस नावाच्या गृहस्थाने ही वस्तुस्थिती उघडकीस आणली. त्याने मोठ्या आकाराचे तराजू तयार केले आणि त्यामध्ये तासंतास बसून स्वतःच्या वजनात कसकसा बदल होतो त्याचे काटेकोर निरिक्षण केले. एकंदर निष्कर्ष फारच नवलाईचे ठरले आणि या शास्त्रज्ञाचे वजन कसे घटते हे पाहण्यास प्रयोगशाळेत मोठी गर्दी उसळली. वजनातील बदल अगदी लक्षात येण्याजोगा होता—एका रात्रीत सँक्टोरियसचे वजन एक कि. ग्रॅ. ने घटले!

निरनिराळ्या कारणांमुळे एखाद्याच्या वजनात घट होते. केवळ कार्बन डायॉक्साईड गमाविण्यामुळे चोवीस तासात ७५ ते ८५ ग्रॅम वजन घटते. चोवीस तासात फुफ्फुसातील पाणी कमी झाल्याने १५० ते ५०० ग्रॅमने वजन कमी होते आणि घामामुळे कमी होणाऱ्या वजनाचे प्रमाण तर याहीपेक्षा कितीतरी अधिक भरते. अगदी टपोऱ्या थेंबांच्या स्वरूपात जरी घाम बाहेर पडत नसला तरी तो शरिरातून सतत बाहेर पडत असतोच.



त्वचेच्या पृष्ठभागावर असणाऱ्या असंख्य स्वेदग्रंथींमधून घामाचे सूक्ष्म बिंदू एकसारखे झिरपत असतात. ते पहावयास सूक्ष्मदर्शक यंत्रच हवे. हवा कोरडी असेल तर दुसरा धर्मबिंदू बाहेर पडण्यापूर्वीच पहिल्याचे बाष्पीभवन होते आणि त्वचा कोरडी राहते. थंड हवामानात २५० ते १७०० ग्रॅम पाणी त्वचेतून बाहेर पडते. कोरड्या, उष्ण हवेत शारीरिक मेहनतीचे काम करणाऱ्या व्यक्तीच्या शरीरामधून चोवीस तासात दहा ते पंधरा लिटर पाणी झिरपून जाते आणि कधी कधी ताशी चार लिटर इतके मोठे प्रमाण आढळते. दक्षिणेकडील भागात राहणाऱ्या आणि साधारणतः सत्तर वर्षे आयुर्मानाच्या व्यक्तीकडून आयुष्यभरात सत्तर ते दीडशे टन घाम उत्सर्जित केला जातो असा एक माफक अंदाज आहे. रेल्वे वाघिणीवरील तीन मोठ्या टाक्या त्यामुळे सहज भरतील.

घाम बाहेर पडण्यामुळे कोणता कार्यभाग साधतो? प्राणी तो एवढ्या मोठ्या प्रमाणात बाहेर का टाकतात? तर यामुळे माणूस आपले शरीर जादा गरम होण्याचा धोका टाळतो. दर लिटर घामामागे बाष्पीभवनार्थ

सहाशे कॅलरी उष्णता खर्ची पडते. जर एवढी सारी उष्णता बाहेर टाकली गेली तर शरिराचे तपमान सुमारे दहा अंशाने कमी होईल. पण यासाठी शरिरांतर्गत उष्णता फारच थोड्या प्रमाणात खर्ची पडते, त्यामुळे घाम येण्याच्या क्रियेमुळे शरिराला थंडावा न येता ते अधिक गरम होण्याचे मात्र टळते एवढेच. जरी आजूबाजूच्या हवेचे तपमान ४० किंवा ५० अंश सें. ग्रे. असले तरी शरिराचे सर्वसाधारण ३७ अंश सें. ग्रे. हे तपमान राखले जाते ते फुफ्फसे आणि त्वचेतून बाहेर पडणाऱ्या पाण्यामुळे.

खूप घाम बाहेर पडणे धोकादायक आहे का? तीन ते पाच लिटर पाणी, कोणत्याही कारणामुळे बाहेर टाकले गेले तर असह्य तहान लागते, पण जर ती लगेच भागविली गेली तर प्राणघातक ठरत नाही. १८२१ मध्ये फ्रान्समधल्या एका व्यक्तीने काहीही पिण्याचे निर्धाराने नाकारले आणि तो आपणहून मृत्यूच्या स्वाधीन झाला. जीवनमरणाचा हा लढा सतरा दिवसापर्यंत चालू राहिला. त्यास अगदी पंधराव्या दिवशी जरी भरपूर पाणी दिले गेले असते तरीसुद्धा तो वाचला असता.

घामामध्ये असणारे पाणी कोठून येते? प्यालेले पाणी कुठे साठविले जाते? स्वेदग्रंथी रक्तातील पाणी घेतात. जोपर्यंत घामाचे प्रमाण मर्यादित असते तोपर्यंत रक्त दाट बनत नाही आणि त्याचे आकारमानही कमी होत नाही. पण जेव्हा रक्तातील पाणी खूपसे कमी होऊ लागते तत्क्षणी साठ्यामधून तेवढेच पाणी रक्तवाहिन्यातून वाहू लागते (पाण्याचे मुख्य साठे अधस्त्वचीय उतक (subcutaneous tissue) स्नायू आणि इतर इंद्रियात असतात). याउलट, प्यालेले पाणी आतड्यात जाते व रक्त ते तेथून शोषून घेते. रक्तातील पाण्याचा तेवढा जादा भाग वरील साठ्यात लगेच पाठविला जातो.

शरिरामधील पाण्याचा साठा मर्यादित असतो. पक्षी आणि उडणाऱ्या कीटकांच्या बाबतीत तर ही मर्यादा विशेषकरून आढळते. अगदी थंड हवामानातसुद्धा, इंद्रियातील जीवनपोषक घडामोडी फक्त दिवस-दोन दिवस चालू राहण्यापुरताच हा साठा असतो. तथापि, इंद्रियांमध्ये पाण्याचा काहीतरी साठा असावाच लागतो. पाणी साठविण्याची अगदी आद्य पद्धती मधमाशानी शोधलेली दिसते. हजारएक पूर्ण वाढीच्या मधमाशा आणि मोठ्या संख्येतील अळया असणारे मधमाशांचे कुटुंब पाण्याशिवाय जगूच शकणार नाही. प्रतिकूल हवामानात जेव्हा बाहेर पडणे अशक्य ठरते तेव्हा पाण्याचा पुरवठा

कसा केला जातो? मधमाशानी यावर मार्ग शोधला. एखादे मधमाशांचे पोळे जर उघडून पाहिले तर त्यात आपणाला हलचालविरहित अशा अनेक मोठ्या कामकरी मधमाशा कप्प्याना लोंबकळत असलेल्या दिसतील. हेच ते पाण्याचे "जिवंत" साठे होत. पाणी वाहून आणणाऱ्या मधमाशा या कामकरी मधमाशाना एवढे पाणी पुरवतात की त्यामुळे त्याना जडत्व येऊन त्या उडण्यास किंवा हालचाल करण्यास अगदी असमर्थ ठरतात. प्रतिकूल हवामान ओसरल्या नंतरच्या एक-दोन दिवसात त्यांची पोटे पूर्ववत होतात आणि हे साठे रिकामे होतात.

नक्राश्रू

समुद्राच्या हळूवार लाटा किनाऱ्याकिनाऱ्याने फुटत असतात आणि जवळपासच विविध प्राणी चरत असतात. काही वेळा पाणी पुढे पुढे सरकून त्यांच्या पायाला गुदगुल्या करते पण प्राण्यांचे लक्ष तिकडे जात नाही. चरणे झाल्यावर, पाण्याचा हा एवढा नजिकचा साठा सोडून ते दूरवर, उंच टेकड्यावरही जातात आणि तेथे सापडणारे, तर प्रसंगी गढूळ, शिळे पाणी पिऊन आपली तहान भागवितात.

कोणताही प्राणी कितीही तहानलेला असला तरी समुद्राच्या पाण्याकडे कधीच जाणार नाही. हजारो कि. मी. लांबीचे किनारे आणि त्या नजिकचे समुद्र सहजगत्या उपलब्ध असले तरी त्यांचा कोणत्याच प्राण्यास उपयोग नाही.

जहाज फुटून अथांग समुद्रात पडणारी माणसे, त्या प्रचंड खाऱ्या जलाशयात तहानेने प्राण सोडतात. अनेक क्षार विरघळलेले असल्यामुळे हे पाणी पिण्यास अयोग्य ठरते. एक लिटर क्षारजलात २७ ग्रॅम नेहमीच्या वापरतील मिठासह एकूण ३५ ग्रॅम क्षारपदार्थ आढळतात.

समुद्राचे पाणी पिण्यास अयोग्य का?

प्रौढ व्यक्तीना दर दिवशी सुमारे तीन लिटर पाण्याची जरूरी असते. त्याने जर समुद्राचे पाणी वापरले तर दर दिवशी शंभर ग्रॅम क्षार शरिरात जातील आणि ते सारे रक्तात मिसळले गेल्यास गंभीर परिणाम होतील. रक्त नेहमी आपली गरज भागवून उरलेले जादा क्षार मुख्यतः मूत्रपिंडामार्फत (वृक्कामार्फत) वेगळे करते आणि ते मुत्राद्वारे शरिराबाहेर टाकले

जातात. प्रौढ व्यक्ती दर दिवशी दीड एक लिटर मूत्र उत्सर्जीत करून सोडियम, कॅल्शियम आणि इतर धोकादायक पदार्थांपासून बचाव करते. मूत्रामध्ये या क्षारांचे जे प्रमाण असते त्यापेक्षा समुद्राच्या पाण्यात ते खूपच जादा असते. यामुळे अशा पाण्याबरोबर जाणाऱ्या क्षारपदार्थांपासून बचाव करण्यास पाणी फार मोठ्या प्रमाणात प्यावे लागेल.

तर मग समुद्रात मासे व इतर प्राणी कसे राहतात? त्याना गोडे पाणी कोठून मिळते?

वस्तुस्थिती अशी आहे की त्याना गोडे पाणी जरूर उपलब्ध होते. मासे आणि इतर जलचर प्राण्यांच्या रक्तात आणि पेशींमध्ये जे पाणी असते त्यातील क्षारांचे प्रमाण फार कमी असते. यामुळे, त्यांवर उपजिविका करणाऱ्याना त्यांच्या अन्नामार्फत पिण्याचे बरेचसे पाणी आपोआपच मिळते. हे अशा मार्गाने उपलब्ध होणारे पाणी मनुष्यप्राण्यास सुद्धा उत्तम प्रकारे चालू शकते. हे सर्वप्रथम ए. बॉम्बार्ड नामक फ्रेंच वैद्याच्या लक्षात आले. माणसाला जगण्यास आवश्यक सर्व काही समुद्रात उपलब्ध असून त्याचा उपयोग करून घेण्याचे कौशल्य जर त्याच्या मध्ये असेल तर जहाज फुटून समुद्रात पडलेली माणसे मृत्यूवर मात करू शकतील असे त्याचे म्हणणे होते. ते सिद्ध करण्यासाठी त्याने एक धाडसी उपक्रम हाती घेतला. एका लहान रबरी नावेत बसून तो केवळ मासे व इतर जलचर प्राण्यांवर निर्वाह करीत अॅटलांटिक महासागर पार करण्यास निघाला. जलचर प्राणी पिळून मिळणारे पाणीच त्याने पिण्यासाठी वापरले आणि अशा रीतीने पासष्ट दिवसांमध्ये त्याने युरोप ते अमेरिका हा आपला प्रवास पूर्ण केला. तोपर्यंत त्याची प्रकृती खूपच खालावली होती खरी पण समुद्रात माणूस जगू शकतो हे सिद्ध करण्यात तो यशस्वी झाला.

यावर कोणी असे लगेच विचारेल की मासे तरी गोडे पाणी कोठून मिळवतात? असे दिसून येते की माशांच्या शरिरात क्षार वेगळे करणारे एक आश्चर्यजनक ऊर्ध्वपातनाचे पण मानवी मूत्रपिंडापेक्षा वेगळे असे साधन (अवयव) असते. माशांचे मूत्रपिंड फारच लहान आणि अविकसित असल्यामुळे त्यामार्फत क्षार वेगळे करण्याचे काम होतच नाही असे म्हटले तरी चालेल. पाणी क्षारविरहित करण्याचे 'उपकरण' त्याच्या श्वसनेंदियात असते त्यातील विशेष प्रकारच्या पेशींमार्फत रक्तातील क्षारद्रव्ये वेगळी करून श्लेष्मासह (mucus) ती शरिराबाहेर टाकली जातात.

समुद्रकिनारी राहणाऱ्या पक्षानाही गोडे पाणी सहजगत्या मिळत नाही. स्टॉर्मी पेट्रेल (Stormy Petrel) आणि अल्बॅट्रॉस (Albatross) हे समुद्रनिवासी पक्षी किनाऱ्यापासून दूरवर राहतात. वर्षातून एकदाच ते जमिनीचा आश्रय घेतात तो केवळ आपली पिले वाढविण्यापुरता. ग्विलिमॉट (Guillemot), पान कावळा किंवा जलकाक (Cormorant) व इतर सागरी पक्षी (कुरव) हे किनाऱ्यानजिक राहत असले तरी गोडे पाणी कधीच पित नाहीत. या पक्षाना, त्यांच्या भक्ष्यामार्फत मिळणारे (त्यांच्या शरिरात असलेले) पाणी पुरेसे असावे अशी एक कल्पना होती, पण असे आढळून आले की ते समुद्राचेच पाणी पितात. एवढेच नव्हे तर काहींचे त्यावाचून चांगलेच अडते. प्राणिसंग्रहालयात पकडून ठेवलेले अशा जातीचे पक्षी जगत नाहीत हे पूर्वीपासून अनुभवास आले होते खरे पण त्याचे कारण मात्र उलगडत नव्हते. विविध गुंजन पक्षी, पोपट, शहामृग, गरुड इत्यादी संग्रहालयात राहू शकतात पण सागरी पक्षी थोडयाच कालात मृत्युमुखी का पडतात याचे प्राणिशास्त्रज्ञाना कोडे पडले होते. समुद्राचा दुरावा आणि पिंजऱ्यातले बंदीस्त जीवन हे कारण सांगण्यात आले. पण पुढे वस्तुस्थिती वेगळीच आढळली, त्याना क्षारपदार्थांचा पुरेसा पुरवठाच होत नव्हता. जेव्हा त्याना क्षार मिसळून अन्न देण्यास सुरुवात झाली तेव्हापासून हे सागरी पक्षी इतरांप्रमाणे जगू लागले.

समुद्रपक्षी आणि सरपटणाऱ्या प्राण्यातील निरुपयोगी क्षार वेगळे करण्याचे साधन फारच आश्चर्यकारक म्हटले पाहिजे. ते मूत्रपिंड नसून त्याला नासीय ग्रंथी किंवा क्षारग्रंथी (salt glands) म्हटले जाते. पक्ष्यांमध्ये त्या त्यांच्या डोळयांच्या खोबणीच्या वरच्या बाजूस असतात आणि वेगळा केलेला क्षारद्रव वाहून नेणारा मार्ग त्यांच्या नाकाच्या पोकळीत उघडतो. ग्रंथीमार्फत वेगळया होणाऱ्या द्रावात सोडियमचे प्रमाण रक्तातील त्याच्या प्रमाणाच्या पाचपट आणि समुद्रजलाच्या तिप्पट असते. नाकपुडयातून बाहेर पडून हा द्राव चोचीवर टपोऱ्या थेंबाच्या स्वरूपात जमा होतो आणि अधून मधून चोंच झटकून पक्षी तो फेकत असतो. पाहणाऱ्याला मात्र असे वाटते की त्यास जोरदार पडसे आले असावे.

कासवे, साप, सरडे-पाली अशा जळीस्थळी वावरणाऱ्या प्राण्यांमध्ये असा क्षारयुक्त द्राव वाहून नेणारा मार्ग त्यांच्या डोळयांच्या कोपऱ्यात उघडतो आणि तो डोळयांतून बाहेर पडतो. सुसरीच्या किंवा मगरीच्या



डोळयांमधून टपोरे "अश्रू" बाहेर पडतात हे फार पूर्वीपासून ज्ञात आहे. आपले भक्ष्य फस्त केल्यानंतर त्याच्या मृत्यूचे दुःखच जणू या अश्रूद्वारे प्रकट होत असावे. म्हणूनच, अस्सल ढोंगीपणासाठी 'नक्राश्रु' हा शब्द प्रचारात आला. वास्तविक ते अश्रू नसून, पाणी व भक्ष्याबरोबर पोटात गेलेले जादा क्षार बाहेर पडत असतात.

हरित कासवे (Green turtle) वर्षभर उबदार समुद्रात विहरत असतात. त्यातील मादी वर्षातून फक्त एकदाच आणि रात्रीच्या विशिष्ट प्रहरीच किनाऱ्यावरील वाळूत आपली अंडी ठेवण्यास येते. हे काम करून समुद्रात परतताना मादीच्या डोळयातून अश्रू ओघळत असतात! जन्मणाऱ्या पिलांचे पुढे कसे होणार या काळजीने तर ती व्याकूळ होत नसले ना. पण तसे काहीच नसते. क्षारद्रव्ये बाहेर टाकण्याचे काम क्षारग्रंथींमार्फत नेहमीप्रमाणे चालू असते एवढेच. साश्रू नयनांसाठी ही हरित कासवे प्रसिद्धच आहेत. ती नेहमीच पाण्यात वावरत असल्यामुळे या अश्रूंचा वेगळेपणा व त्या मागील कारण मानवाच्या लक्षात येण्यास दीर्घ कालावधी लागला.

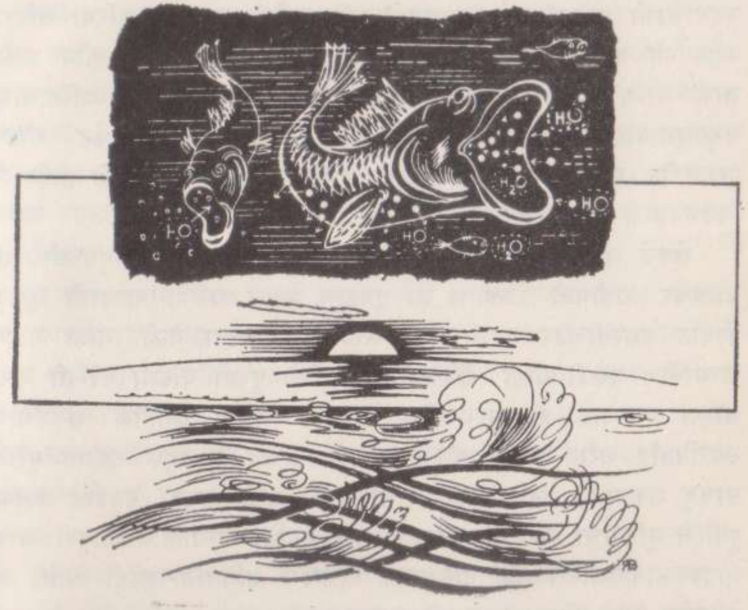
मासे पाणी पितात ?

मासे पाणी पितात? आपणाला काय वाटते? प्रश्न ऐकून आपण खोचकपणे हसाल. कारण, मासे जेव्हा जेव्हा तोंड उघडतात तेव्हा ते लगेच पाण्याने भरते हे आपण नेहमीच पाहता.

माशाची इच्छा असो किंवा नसो, भक्ष्याबरोबर काही पाणी त्याच्या पोटात जातेच. पण तेवढे त्याना पुरेसे असते का? मासे नेहमीच तहानलेले तर नसतात?

पृथ्वीवरील सर्व प्रकारच्या पाण्यात मासे आढळतात पण वैशिष्ट्य असे की फक्त काही जातीचे मासे खाऱ्या आणि गोडया अशा दोन्ही प्रकारच्या पाण्यात जगू शकतात. ईल (Eel) नामक सर्पसदृश मासे (वाव) या-दृष्टीने बिनतोड ठरतात. ते आपले निम्मे आयुष्य खाऱ्या पाण्यात तर निम्मे गोडया पाण्यात काढतात. दोन्ही प्रकारच्या पाण्यात सहजतेने ये-जा करण्या-मध्ये अशी कोणती अडचण आहे? माशांची त्वचा, तोंडाच्या पोकळीतील आवरण (पतल); श्वसनेंद्रिये व इतर अवयव यासह त्यातील प्रत्येक पेशी व उतकावरील आवरण, या सर्वातून पाणी आरपार जावू शकते, झिरपू शकते. मात्र, पाण्यातील क्षार व इतर पदार्थ अडविले जातात.

बाणी झिरपून कुठे जाते? शरिरातील टाकीत का टाकीबाहेर? पाण्या-च्या मुबलकतेवर हे अजिबात अवलंबून नाही, तर विद्रवाच्या तर्षणीय दाबावर ते अवलंबून असते. हा दाब विरघळलेल्या पदार्थांमुळे निर्माण होतो. विरघळलेल्या पदार्थाचे प्रमाण जेवढे अधिक तेवढा तर्षणीय दाब जास्त आणि विद्रवामार्फत अधिक जास्त वेगाने पाणी खेचले जाते. गोडया पाण्यात हा दाब जवळजवळ शून्यच असतो पण माशांच्या रक्तात व उतक-जलात क्षार; आणि प्रथिन-द्रव्ये विरघळलेली असल्यामुळे त्यातील तर्षणीय दाब वातारणाच्या सहा ते दहा पट अधिक असतो. या शरिरांतर्गत दाबामुळे गोडया पाण्यातील मासे (त्यांचे अवयव) सभोवतालचे कमी दाबाखाली असलेले पाणी शोषून घेत असतात. शरिरात प्रवेश करणारे हे जादा पाणी बाहेर फेकण्याची सोय माशांच्या शरिरात नसती तर पाण्याने तट्ट फुगून ते केव्हाच मेले असते. साहजिकच, गोडया पाण्यातील माशाना पाणी पिण्याची कधीच गरज भासत नाही. पाणी पिण्याऐवजी शरिरात सर्व बाजूनी प्रवेश करणाऱ्या पाण्यापासून बचाव करणे हीच त्यांच्या पुढील खरी समस्या.



खाऱ्या पाण्यातील अस्थियुक्त माशांबाबत अगदी उलट परिस्थिती असते. खाऱ्या पाण्यातील क्षारांचे प्रमाण, माशांच्या शरिरातील क्षाराच्या प्रमाणा-पेक्षा कितीतरी अधिक भरते, परिणामी समुद्रजलाचा तर्षणीय दाब बत्तीस बायभार असतो तर माशांसारख्या जलचरांमध्ये तो केवळ दहा ते पंधरा बायुभाराइतकाच असतो. परिणामी, "अतृप्त" समुद्रजल माशांच्या शरिरा-तील पाणी अगदी अधाश्यासारखे चोखून चोखून घेत असते. ज्या समुद्रात मासे विहरतात, तो समुद्र माशाना कोरडे ठणठणीत करण्याच्या उद्योगात गर्क असतो! सकृत दर्शनी हे पटणार नाही पण ती वस्तुस्थिती आहे. अशा परिस्थितीतील मासे नेहमीच तृषार्त राहिले तर त्यात नवल असे काहीच नाही.

समुद्रातील सर्वच मासे तकानलेले व म्हणून पाणी पिणारे नसतात. शार्क, रे आणि इतर प्राचीनकालीन मासे यांचा समुद्रप्रवेश, अस्थियुक्त माशांच्याही आधी झाला असावा आणि अगदी वेगळया प्रकारे त्यानी खाऱ्या पाण्याशी जमवून घेतलेले आढळते. आपल्या रक्तात युरिया साचवून ठेवण्यास ते शिकले. हा पदार्थ शरिरास तसा अपायकारकच असल्यामुळे

इतर प्राणी तो ताबडतोब मूत्रावाटे शरिराबाहेर टाकतात. युरिया शरिरात जाऊ नये यासाठी त्यांच्या श्वसनेंद्रियावर एक खास पडद्याची सोय असते. शार्क आणि रे यांच्या रक्ताचा तर्षणीय दाब युरियाच्या अस्तित्वामुळे समुद्रजलापेक्षा अधिकच भरतो व त्यामुळे त्यांच्या शरिरामार्फत, गोड्या पाण्यातील माशांप्रमाणेच पाणी आत घेतले जाते. ते कमी कसे होईल या विवंचनेत हे मासे असतात.

खेकडे खाणाऱ्या बेडकाने शार्क आणि रे यांची पद्धत अनुसरली. सर्व उभयचर जातींमध्ये बेडकांचा हा एवढाच प्रकार खाऱ्या पाण्याशी जुळवून घेण्यात यशस्वी ठरला. तथापि, अंडी घालण्याच्या वेळी त्याना गोड्या पाण्याचीच जरूरी असते. तेथे जन्मलेली पिले पुरेशी वाढली की ती सरळ खाऱ्या पाण्यात–समुद्रात–प्रवेश करतात आणि त्यातील खेकड्यांवर उदरनिर्वाह करीत जीवन कंठतात. शार्कप्रमाणेच हे बेडुक रक्तात युरिया साचवू शकतात, अर्थात तशी त्यांची इच्छा असेल तरच. समुद्रात जाण्या-पूर्वी ते युरियाचा साठा वाढू देतात आणि गोड्या पाण्यात जाण्यापूर्वी त्याचा जादा भाग शरिराबाहेर टाकतात. म्हणजेच अधिवास कुठेही असो, या बेडकाना पाणी पिण्याची जरूरी भासत नाही.

हवा पिळून कोरडी करता येईल काय?

प्राणिशास्त्रज्ञाना फार पूर्वीच असे आढळून आले की काही प्राण्याना त्यांच्या नेहमीच्या राहण्याच्या ठिकाणी पाण्याचा थेंब सुद्धा उपलब्ध नसतो पण जेव्हा ते प्राणिसंग्रहालयात पाळले जातात तेव्हा मात्र ते आनंदाने भरपूर पाणी पिताना आढळतात. पाण्याशिवाय हे प्राणी कसे काय जगतात हे कोडे फार काळ उलगडले नव्हते. कदाचित, वाळवंटी प्रदेश वाटतो तेवढा निर्जल नसावा का? का तेथेही कोणत्यातरी मार्गाने पाणी मिळविता येते?

या प्रश्नांची उत्तरे देण्यापूर्वी रूक्ष प्रदेशात राहणारे लोक पाणी कसे मिळवितात ते पाहू या. उदाहरणार्थ, क्रायमियाच्या दक्षिण किनाऱ्यानजिकची अरूंद पट्टी हे पर्यटकांचे आकर्षण आहे. उन्हाळा आला की हजारो पर्यटक क्रायमियाकडे निघतात. अशा रखरखीत प्रदेशात या सर्वांना पाणी पुरविणे

ही केवढी अवघड समस्या तेथील नगरपरिषदेसमोर असते याचा ते विचार करीत नाहीत. एखादी मोठी नदी किंवा विस्तीर्ण तळेही या भागात नाही.

यावर उपाय म्हणून पावसाळा सुरू झाला की क्रायमियात मोठमोठ्या टाक्यांमध्ये (जमिनीवरील व जमिनीखालच्या) पाणी साठविण्यास सुरुवात होते आणि उन्हाळ्यात ते वापरण्यासाठी राखले जाते. तरीसुद्धा पाण्याचा तुटवडा भासतोच म्हणून अखेर पर्वतांमधून बोगदे खणून एक मोठी नदीच या प्रदेशात वळविली गेली.

हा असा उपाय केवळ काही दशकांपूर्वीही कल्पनाविलास ठरला असता. मग क्रायमियात राहणारे प्राचीनकालीन लोक काय करीत असावेत? ते प्रत्यक्ष हवेपासून पाणी मिळवित होते! तेथील हवामान रूक्ष खरे पण पाण्याच्या वाफेविरहित मुळीच नसते. शिवाय समुद्रही फारसा लांब नाही. अनेक शतकांपूर्वी हवेपासून पाणी कसे मिळवण्यात येत होते यावर पुराणवस्तुशास्त्रज्ञांनी प्रकाश टाकला.

पूर्व क्रायमियात, फिओदोसिया नगराजवळ पूर्वीच्या एका उमरावाच्या विस्तीर्ण स्थावरजंगम, मालमत्तेचे उत्खनन केले गेले. त्या ठिकाणी एक मोठे वैशिष्ट्यपूर्ण बांधकाम आढळून आले. मोठाल्या फरसबंदी जमिनीवरदगडी पिरॅमिड तर बांधलेले आढळलेच, पण पिरॅमिडच्या अंतरंगात अनेक पोकळ्या ठेवलेल्या दिसल्या. समुद्रावरून येणारी ऊष्ण हवा जेव्हा पिरॅमिडमध्ये शिरे तेव्हा आतल्या थंड बाजूवर तीमधील वाफ दवबिंदूच्या रूपाने जमू लागे. हे छोटे दवबिंदू एकत्रित होऊन त्यांचे मोठाले थेंब बनत आणि ते भिंतीवरून ओघळण्यास सुरुवात होई. अखेर ठिकठिकाणच्या नरसाळ्यासारख्या पात्रातून ते जमिनीखालच्या टाकीत जमा होत.

म्हणजेच, पाणी कुठेही मिळविणे शक्य आहे, अगदी रखरखित वाळवंटी प्रदेशातसुद्धा. अर्थात ते विपुल मिळेल असे मुळीच नाही. अशा प्रदेशात रात्रीच्या वेळी दगडांखाली दवबिंदू जमा झालेले आढळतात. वाळूमध्ये खोलवर शिरलेली हवा, अल्पसा दमटपणा अलग करून वाळू ओली करते. हा ओलवा काही वेळा अगदीच दुर्लक्षण्या इतपत कमी नसतो.

काराकुम वाळवंटाच्या अगदी पश्चिमेकडील भागात कलिंगडे-टरबुजे पिकतात आणि त्याना पाणी पुरविण्याची गरज भासत नाही. गोड्या पाण्यांच्या झऱ्यांचा तुटवडा तर येथे आहेच, परंतु रात्रीच्या वेळी हवेत थंडावा आला असता हवेतील बाष्प वाळू ओली करते पण ते पूर्णपणे शोषून घेण्यास वेळही

पुरत नाही. अशा ठिकाणी खोल खड्यात ठेवलेल्या भांड्यांमध्ये हे पाणी साचविता येते.

ऑस्ट्रेलियाच्या वाळवंटात राहणारा बेटाँग (Bettong) नामक कांगारूसदृश प्राणी तर मातीतील मुरलेले पाणी मिळवितो. हा वैचित्र्यपूर्ण प्राणी विविध वनस्पतींच्या बिया खावून जगतो. या बिया अगदी कोरड्या ठणठणीत असतात, त्यामध्ये पाण्याचा अंश नसतोच म्हटले तरी चालेल. त्या तो लगेच खात नाही तर गालातील पिशवीत साचवून आपल्या बिळात नेतो. या पिशवीत लाळ शिरणार नाही अशी तिची रचना असते, म्हणजेच ओलाव्याचा अत्यंत काटकसरीने उपयोग होत असतो. खोल बिळात मातीत ठेवलेल्या बिया, मातीतील अल्पल्प ओलावा शोषित राहतात. कोरड्या बियांचा तर्षणीय दाब चारशे ते पाचशे वायुभार असतो आणि त्यामुळे पाणी आत खेचले जाते. बिया पाण्याने भरपूर ओल्या झाल्या की मगच त्या खाल्ल्या जातात.

ऑस्ट्रेलियाच्याच रूक्ष वाळवंटात राहणारा एक प्रकारचा काटेरी सरडा (Moloch) याहीपेक्षा डोकेबाज ठरतो. त्याचे सर्व शरीर लांब, टोकदार काट्यानी व्यापलेले असते. त्याचे अस्तित्व फार पूर्वीपासून लक्षात आलेले असून शत्रूपासून रक्षण करण्यासाठी काट्यांचा तो उपयोग करीत असावा अशी शास्त्रज्ञांची समजूत होती. पण त्यांचा वेगळ्या पण तेवढ्याच महत्त्वाच्या कामासाठी उपयोग होतो हे आता आढळून आले आहे. काट्यानी व्यापलेल्या त्याच्या त्वचेत असंख्य छिद्रे असून त्यांची तोंडे काट्यांमधील भेगात उघडलेली असतात. या त्वचेवर पाण्याचा थेंब पडण्याचाच अवकाश, तो त्वरित छिंद्रांवाटे शोषिला जातो. मात्र हे पाणी शरिरात जात नाही कारण खोलवरच्या त्वचेमध्ये छिद्रे नसतात. वरच्या छिद्रांची अशी रचना असते की पाण्यास डोक्याच्या दिशेने वाहण्याखेरीज गत्यंतर नसते. अखेर हे पाणी तोंडातील कोपऱ्यांमध्ये असलेल्या पिशव्यांमध्ये केशाकर्षण क्रियेद्वारे जमा होत राहते. सरड्याला जेव्हा पाणी हवे असते तेव्हा तोंडाचा जबडा खालीवर हालविला की झाले, त्यामुळे पिशव्या दबल्या जातात आणि त्यातून पाणी बाहेर पडते.

पाणी न पितादेखील हा सरडा मजेत असतो. त्यातून एखादा पाण्याचा साठा आढळलाच तर त्यात एक बुचकळी मारली म्हणजे झाले. तोंडाने जेवढे पाणी पिता येईल त्यापेक्षा अधिक पाणी त्याच्या कातडी मार्फत जमा होते.

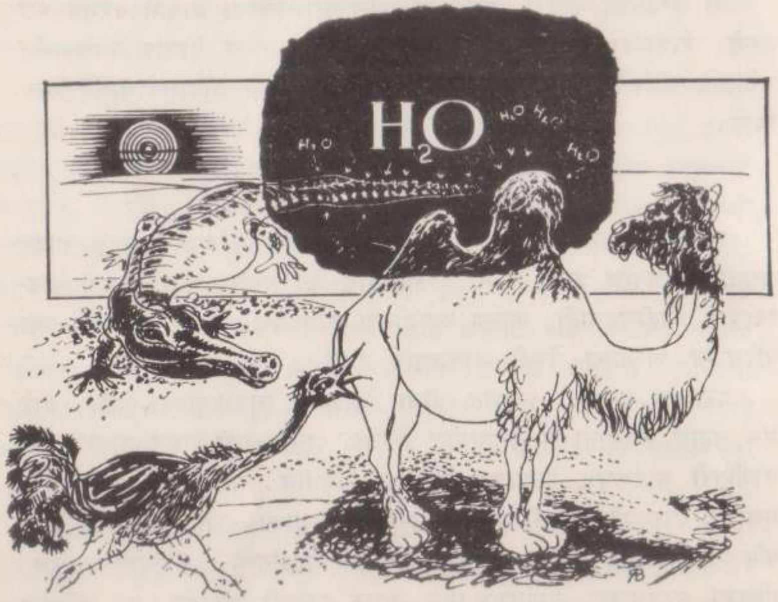
या सरड्याचे काटेरी आवरणही खालच्या त्वचेच्या मानाने बरेचसे थंड असते. रात्रीच्या वेळी छोटाले दवबिंदू त्यावर तयार होताच त्वचेमार्फत लगेच ते शोषिले जातात. म्हणजेच हा सरडा प्रत्यक्ष हवेपासून पाणी मिळवितो.

पाण्याचा कारखाना

रखरखीत वाळवंटी प्रदेशात सूर्य सारा प्रदेश निर्दयपणे भाजून काढत असतो. कोणताच प्राणी कुठेही दृष्टोत्पत्तीस येत नाही. यात आश्चर्य वाटण्याजोगे काहीच नाही, कारण दहावीसच काय पण शेकडो कि. मी. च्या परिसरात पाण्याचा थेंबही आढळणार नाही.

तरीसुद्धा वाळवंटी प्रदेशात जीवन आढळते. सुर्योदयाच्या वेळी, वारे संथ वहात असताना ते पहावयास मिळते. सभोवताली नजर टाकली तर कोणीतरी मार्गक्रमण केल्याच्या रेघोट्या दिसतील. मंद गतीने चालणाऱ्या एखाद्या कासवाने आपली अंडी दुसरीकडे नेल्याच्या त्या खुणा असतील, पलिकडे छोट्या ठिपक्यांच्या दोन समांतर ओळींमध्ये एक खोलगट रेघ, एखाद्या सरड्याच्या मार्गक्रमणामुळे तयार झालेली आढळेल तर नजिकच उड्या मारत चालणाऱ्या तर्बोआच्या (एक चपळ उंदीर) हलचालीमुळे निर्माण झालेली तुटक रेषेची खूण दिसेल. थोडक्यात; रात्रीच्या वेळी वाळवंटातील जीवन मोठे गडबडीचे आणि व्यस्त असते आणि सकाळ होण्याच्या वेळी, दिवसभरच्या कडक उन्हापासून बचाव करण्यासाठी हे सर्व प्राणी कुठेना कुठेतरी आश्रय घेतात.

वाळवंटी प्रदेशातील अनेक प्राणी – काळवीट, सुस्लीक (Suslik), जेबिंल (Jebril), जर्बोआ (Jerboa), कासवे, इ. अजिबात पाणी न पिणारे किंवा दीर्घकाल पाण्याची गरज न भासणारे असे आहेत. पाण्याऐवजी ते हिरव्या वनस्पतींचा वापर करतात. जो थोडासा पाऊस पडतो त्यामुळे वाळवंटातही हिरवी सृष्टी फुलते. ती अल्पायुषी असली तरी तेथील प्राण्याना उपयोगी ठरते. पुढे कडक उन्हामुळे ती पिवळी पडली की माती उकरून तीमधील वनस्पतींचे कंद भक्षिण्यास सुरुवात होते. कंदांवरील चिवट सालीमुळे त्यात बरेच पाणी राखले जाते. मांसाहारी प्राण्याना त्यांच्या भक्ष्याच्या शरिरातील पाणी मिळत असल्यामुळे त्यांचा गुजारा होत असतो. एक आश्चर्याची गोष्ट मात्र ही की वाळवंटातील बहुतेक प्राण्यांमध्ये पाणी



निर्माण करण्याचा "कारखाना" असतो आणि त्यासाठी आवश्यक असणारा कच्चा माल साठविण्याची सोय असते.

पृथ्वीवरील साऱ्याच प्राण्यांमध्ये आणि माणसातही पाणी निर्माण करण्याची काही ना काही सोय निसर्गाने करून ठेवली आहे. जेव्हा आपण काम करीत असतो तेव्हा आपल्या पेशींमार्फत ऊर्जादायक कार्बोहायड्रेट आणि मेदद्रव्यांचे "ज्वलन" घडते. त्यांच्या संपूर्ण ज्वलनापासून दोन पदार्थ तयार होतात, कार्बन डायॉक्साईड आणि पाणी. एक ग्रॅम कार्बोहायड्रेटपासून ०.५६ ग्रॅम आणि एक ग्रॅम मेदापासून १.०७ ग्रॅम पाणी तयार होते. पूर्ण वाढीच्या प्रौढच्या शरिरांतर्गत दरदिवशी ३०० ग्रॅम पाणी निर्माण होते.

माणसासाठी हे एवढे पाणी नगण्य ठरते पण इतर काही प्राण्यांसाठी पाणी मिळविण्याचा हाच एकमेव पर्याय असतो. बस्टार्ड, लार्क, गेर्बिल आणि उंदीर-घुशीच्या काही जातीचे पाण्यावाचून कित्येक दिवस काहीही अडत नाही. त्यापैकी कित्येकजण पाणी क्वचितच पितात. वाळलेल्या वनस्पती आणि बिया खावून ते जगतात आणि या अन्नातील कार्बोहायड्रेट आणि मेदद्रव्यांच्या ज्वलनातून त्याना पाण्याचा पुरवठा होतो.

पाणी निर्माण करण्यासाठी कार्बोहायड्रेट आणि मेद हेच उत्कृष्ठ पदार्थ ठरतात कारण त्यापासून पाणी आणि कार्बन डायॉक्साईडखेरीज इतर अपायकारक संयुगे निर्माण होण्याची भीती नसते. त्यांचा साठाही सुलभतेने करता येतो. माळरानात आणि वाळवंटी प्रदेशात राहणारे साप, सरडे, काळवीट, जिराफ, झेब्रा, सिंह, शहामृग अशा साऱ्या प्राण्यांमध्ये मेदसंचय मोठ्या प्रमाणात होऊ शकतो.

अशा संचयासाठी प्राण्यांमध्ये खास जागा असते. मात्र त्वचेखाली मेद मेदसंचय कधीच होत नसतो आणि तसे झाल्यास शरीर अवाजवी गरम होऊन ते मरून जातील. उदाहरणार्थ उंट आपल्या मदारीत मेदसंचय करतो. त्याच्या शरिराच्या इतर भागात (त्वचेखाली) कुठेच मेद नसल्यामुळे ते तापण्याची भीती नसते. उंटाची मदार त्याच्या शरिराशी घट्टपणे जोडलेली नसून बरीचशी अलग असते.

शेपटीमध्येही मेदसंचयाची जागा आढळते. या बाबतही ती शरिरापासून बरीचशी सुटी असते. जेर्बोआ आणि जेर्बिल प्राण्यांमध्ये त्यांच्या शेपटीमध्ये मेदसंचय होतो. मॉनिटर नामक मोठ्या सरड्यांच्या शेपटीत मेदाचा मोठा साठा आढळतो तर मेंढ्यांच्या जाडजूड शेपटीमध्ये तर तो त्याहीपेक्षा जास्त असतो. या शेपटीच्या टोकाशी दोन्ही बाजूंना मेदयुक्त फुगवटे आलेले असतात. प्राण्यांनुसार मेदसंचयाचे प्रमाण कमीअधिक असते. उंटात ११० ते १२० कि. ग्रॅ. पर्यंत तर जाड शेपटीच्या मेंढरामध्ये १० ते ११ कि. ग्रॅ. मेद साठविला जातो.

हवे असताना पाणी मिळत नाही असे दिसताच, प्राणी आपल्या शरिरातील मेद साठा वापरून पाणी निर्माण करतात. पाण्यावाचून उंट ४५ दिवस राहू शकतो. त्यातील पहिले पंधरा दिवस तो नेहमीप्रमाणे चारा-गवत खातो आणि नेहमीप्रमाणेच काम करतो.

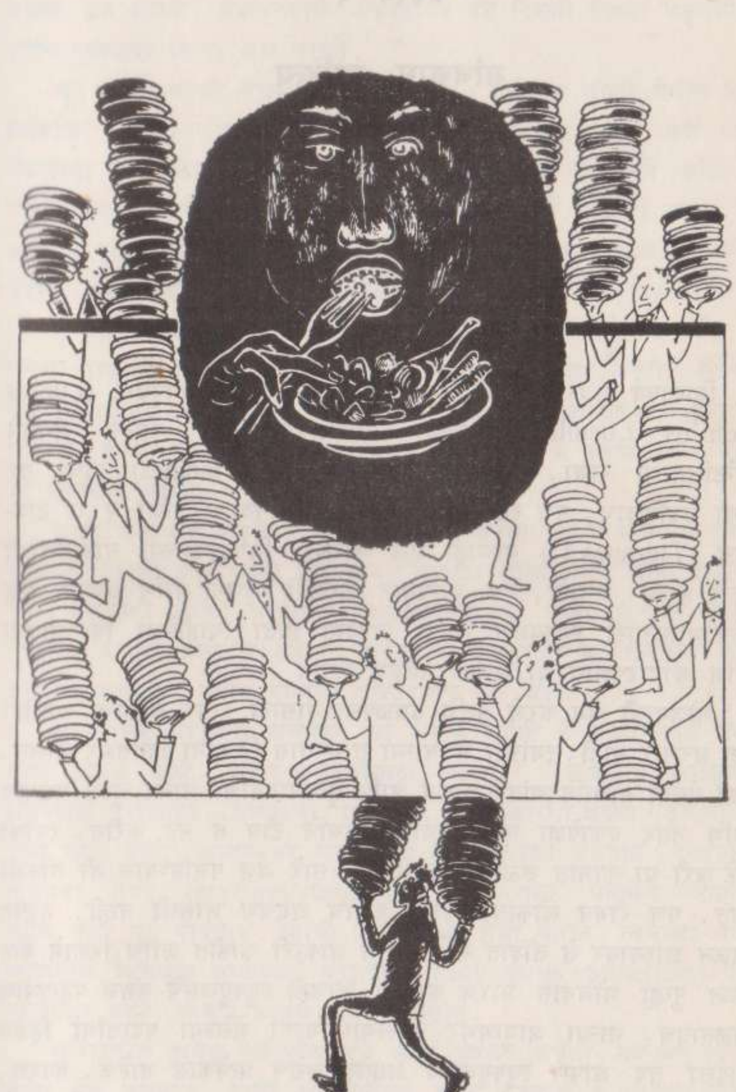
पाणी निर्माण करण्याची ही पद्धत फार सोयीची असते कारण मेदाच्या ज्वलनातून ऊर्जा निर्मितीही होते. प्राणी ती वापरतात आणि म्हणूनच त्यांचे अन्नाशिवाय काही काळ चालू शकते. वाळवंटी प्रदेशातील प्राण्याना, तेथे पाण्याची गरज कमी असली तरीही, बंदिवासात ठेवले असता फार तहान लागते, कारण बंदिवासात मेदसंचयही कमी आणि परिणामी त्यांची शरिरांतर्गत पाण्याची निर्मितीही कमी. प्राण्याना त्यांच्या नैसर्गिक परिसरात भक्ष्य शोधण्यासाठी खूप धावाधाव करावी लागते म्हणजेच पोट भरण्यासाठी बरीच

5—726

ऊर्जा खर्ची पडते. स्नायूंच्या या हालचालींवर खर्च होणाऱ्या ह्या कार्बोहायड्रेट व मेदद्रव्यांचे सरतेशेवटी पाण्यात रूपांतर होते.

केवळ वाळवंटी प्रदेशातील प्राणीच अशा रासायनिक मार्गे निर्माण होणाऱ्या पाण्यावर जगतात असे नाही. पाण्याचा कमी झालेला साठा पूर्ववत राखण्यासाठी जेव्हा इतर मार्ग नसतो तेव्हा मेदाचे ज्वलन हा एकच मार्ग शिल्लक राहतो. या दृष्टिकोनातून, पक्षांच्या अंड्यांमध्ये मोठ्या प्रमाणात मेदद्रव्य आढळते याचे आश्चर्य वाटू नये. ऊर्जा आणि पाणी या दोहोंचे उद्गमस्थान मेद होय.

अर्थात, रासायनिकमार्गे पाणी निर्मिण्याची क्षमता, हवेतील पाणी आणि वाळूतील अल्पसे पाणी यामुळेच काही वाळवंटी प्रदेशात जीवन शक्य झाले असे नाही. दिवसा कुठेतरी छपून ऊष्म्याचा त्रास चुकविण्यास, शरिरांतर्गत पाण्याचे बाष्पिभवन न होण्याचे उपाय अवलंबिण्यास आणि सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे आपला पाण्याचा साठा अत्यंत काटकसरीने वापरण्यास हे प्राणी शिकले. ही गोष्ट देखील तितकीच महत्त्वाची आहे. या उपाययोजना जर अंगवळणी पडल्या नसत्या तर वाळवंटी प्रदेशातील जीवन केव्हाच नष्ट झाले असते.



प्रकरण २

बांधकाम साहित्य

ल्युक्युलसचे पराक्रम

ख्रिस्तपूर्व ७४-६४ मध्ये, ल्युसियस लिसिनियस ल्युक्युलस (Lucius Licinius Lucullus) याच्या अधिपत्याखालील रोमन सैन्याने पॉन्टिशियाचा राजा, सहावा मिथ्रिडेटस (Mithriadates) याचा तर धुव्वा उडविलाच, पण त्याच्या नात्यातील आर्मेनियाचा राजा २ रा टायग्रेनस (Tigranes II) यालाही धूळ चारली. मिथ्रिडेटसच्या साम्राज्याची शकले झाली. तथापि, एक कर्तबगार सेनापती म्हणून आणि अंगच्या युद्ध युद्धकौशल्यासाठी ल्युक्युलस जेवढा विख्यात होता त्याहीपेक्षा विलासीपणा आणि खादाडपणात तो अधिक मशहूर होता.

भोजनाची चैन करणे आणि उधळेपणा यासाठी रोमन लोकांचा कोणीही हात धरणार नाही. त्यांच्या मेजवान्या तासन्‌तास किंबहुना दिवसभर चालत. अशा प्रसंगी गाद्यागिरद्यांवर लोळत आणि नृत्यगायनाचा आनंद लूटत मद्यपान आणि नंतर एकापेक्षा एक चवदार पदार्थांचे ढीग ते गट्ट करीत. त्यांची पोटे जरी या कामात रूळलेली होती तरी सारे अन्न पचविण्यास ती तोकडी पडत. पण रोमन लोकाना त्याची कधीच अडचण भासली नाही. भरपेट खाऊन झाल्यावर ते तोंडात बोटे घालून ओकारी काढीत आणि रिकामे पोट घेऊन पुन्हा भोजनास प्रारंभ करीत! आजही ल्युक्युलसचे वंशज पहावयास मिळतातच. साऱ्या आयुष्यभर खाल्ल्याप्यायल्या गेलेल्या पदार्थांचा हिशेब काढला तर आपण ल्युक्युलसच आहोत असेच प्रत्येकास वाटेल. कारण, हा हिशोब एवढा मोठा ठरतो की तेवढे सारे अन्न वाहून नेण्यास कितीतरी रेल्वे वाघिणी लागतील...

अन्नाची गरज भिन्न भिन्न असते. तुलनात्मकदृष्टया लहान प्राण्याना

अधिक अन्न लागते. उदाहरणार्थ, चिचुंद्रीला दर दिवशी तिच्या वजनाएवढे आणि पुष्कळदा तिप्पट अन्न लागते.

खूप खाणे चांगले समजू नये. खारकोव (सोविएत संघ) येथील प्रा. निकितिन यांच्या जीवरासायनिक प्रयोगशाळेत याबाबत प्रयोग केले गेले. उंदरांच्या एका गटास उत्तम, सत्वयुक्त अन्न दिले गेले पण एवढे कमी की त्यांची वाढही झाली नाही किंवा वजनही बदलले नाही. दुसऱ्या गटास तेच अन्न भरपूर प्रमाणात देण्यात आले. आपणाला आश्चर्य वाटेल की भुकेले उंदीर, भरपेठ खाणाऱ्या गटापेक्षा अधिक काळ जगले.

पुष्कळ प्राण्याना अधूनमधून बऱ्याच वेळा खावे लागते. चौदा ते सतरा तासांच्या उपासमारीमुळे चिचुंद्री मरण पावेल तर गोचीड कित्येक वर्षे न खाताही जगू शकतात. काही प्राणी सबंध आयुष्यात एकदाच खातात. पूर्ण वाढ झाली की खाणे बंद करणारेही प्राणी आहेत. मे फ्लाय (May fly) या प्रकारात मोडते.

काही प्रमाणात मर्यादित उपास केल्यास मनुष्यप्राण्यास फायदाच होतो. रोग्याला उपाशी ठेवून काही रोग काबूत आणता येतात आणि काही बाबतीत लंघन गुणकारी आहे. आधुनिक वैद्यकशास्त्रात या बाबत एकमत नाही. तथापि, या गोष्टीशी ते सहमत आहेत की अननुभवी व्यक्तीमार्फत केला जाणारा उपासाचा उपाय रोग्यास धोकादायक ठरू शकेल.

आयुष्यभर आपणास अन्नग्रहण का करावे लागते हे साधारणपणे प्रत्येकास ठाऊक आहे. शरीर-उभारणीसाठी लागणारे "बांधकाम साहित्य" अन्नपदार्थ पुरवितात. शरिराची उभारणी, पुनर्‌उभारणी अगदी वृद्धापकालापर्यंत चालू असते. आयुष्यभर केस आणि नखेही वाढत असतात. रक्तातील तांबडया पेशी (erythrocytes) दोन किंवा तीन महिनेच जगतात आणि नंतर मृत पावतात. त्यांची जागा नव्या पेशी घेतात. त्वचेच्या अधिच्छदातील म्हणजेच खालच्या थरातील (Squamous epithelium) पेशी याहीपेक्षा कमी, म्हणजे सातच दिवस जगतात.

शरिरातील प्रत्येक पेशीतील अणु सतत बदलत असतो, नवे अणु त्यांची जागा घेत असतात. काही अणु पूर्णपणे नाश पावतात व त्यांच्या जागी नव्यांची निर्मिती होते. काहींची अंशतः पुनर्बांधणी होते. बांधकाम साहित्याचा काही भागही निरूपयोगी ठरतो. या विविध कारणांसाठी सर्व अवयवाना बांधकाम साहित्याची ऊर्फ अन्नाची सतत जरूरी असते. जर कमतरता निर्माण

झाली तर लगेच व्याधी निर्माण होण्यास सुरुवात होते. तांबे किंवा लोह कमी पडले की रक्तक्षय (Anaemia) जडतो. मजबूत वाटणाऱ्या हाडांची सुद्धा सातत्यपूर्वक पुनर्निमिती चालू असते. कॅल्शियमविरहित अन्न दीर्घकाळ खाल्ले गेले तर, इतर इंद्रियाना लागणारे कॅल्शियम हाडांपासून घेतले जाते आणि खुद्द हाडे ठिसूळ आणि लवचिक बनतात.

अन्नाचा दुसरा उपयोग म्हणजे शरिरास ऊर्जा-साधने पुरविणे. नव्या अणूंच्या निर्मितीप्रक्रियेत काही प्रमाणात ऊर्जेची आवश्यकता असते. शरिरातील स्नायूंसह इतरही काही इंद्रिये अशी आहेत की त्यांचे कार्य एक मिनिटभरही बंद नसते. निद्रावस्थेतही हृदयाचे कार्य चालूच असते, तसेच श्वासोच्छ्वासात गुंतलेले स्नायु, यकृत (पित्ताशय), मूत्रपिंड जठरांत्रीय मार्ग, अंतःस्रावी ग्रंथी यांचेही. आपल्या मेंदूमार्फत मोठ्या प्रमाणात ऊर्जा खर्ची पडत असते परंतु ते आपल्या लक्षात येत नाही.

खर्च होणारी ऊर्जा पुनरपि भरून काढणे सहज शक्य असते. मेद (चरबी), कार्बोहायड्रेट संयुगे आणि काही प्रमाणात प्रथिनद्रव्ये ही ऊर्जेसाठी वापरली जाणारी "इंधने" होत. त्यांचे ज्वलन होऊन कार्बन डायाक्साईड आणि पाणी तयार होते. खरे पाहता शरिरामार्फत फक्त एकच इंधन वापरले जाते, ते म्हणजे ग्लूकोज. मेद आणि प्रथिने यांचे प्रथम ग्लूकोजमध्ये रूपांतर होते, नंतरच ती ऊर्जादायक संयुगे बनतात.

शरिरास लागणारे सारे बांधकाम साहित्य पुरविण्याऐवजी इंधनाचा पुरवठा करणे सोपे असते. मानवी शरिरात प्रामुख्याने कार्बन, नायट्रोजन, ऑक्सिजन आणि हायड्रोजन असून अल्प किंवा नगण्य प्रमाणात इतर मूलतत्त्वे असतात. गॅब्रिएल बर्ट्रांड नामक फ्रेंच रसायनशास्त्रज्ञाच्या मते १०० किलोग्रॅम वजनाच्या मानवी शरिरात पुढील प्रमाणे मूलतत्त्वे आढळतात—

ऑक्सिजन – ६३ कि. ग्रॅ.	सोडियम – २६० ग्रॅ.
कार्बन – १९ कि. ग्रॅ.	पोटॅशियम – २२० ग्रॅ.
हायड्रोजन – ९ कि. ग्रॅ.	क्लोरिन – १८० ग्रॅ.
नायट्रोजन – ५ कि. ग्रॅ.	मॅग्नेशियम – ४० ग्रॅ.
कॅल्शियम – १ कि. ग्रॅ.	आयर्न (लोह) – ३ ग्रॅ.
फॉस्फरस – ७०० ग्रॅ.	आयोडिन – ०.०३ ग्रॅ.
सल्फर (गंधक) – ६४० ग्रॅ.	

फ्ल्यूओरिन, ब्रोमाईन, मँगेनीज, तांबे याहीपेक्षा कमी प्रमाणात असतात इतरही मूलतत्त्वे शरिरात असतीलच आणि त्यापैकी काही रासायनिक प्रक्रियात फारसा भाग घेणारीही नसतील. शरिरात त्यांची नेमकी कामगिरी कोणती हे आपणास अद्यापीही समजलेले नाही.

चौरस आहारातील अन्नपदार्थ आणि पाणी यामार्फत बहुतेक सर्व मूलतत्त्वांचा शरिरास पुरवठा होतो. पण एखादे मूलतत्त्व कमी पडले तर व्याधी निर्माण होतात आणि कधी कधी त्या गंभीर स्वरूपाच्याही ठरतात. जेव्हा जमिनीत आयोडिन कमी असते तेव्हा ते घरगुती मिठात मिसळणे जरूरी ठरते. नेवा नदीचे पाणी अगदी शुद्ध आणि जगातील सर्वोत्तम पिण्याचे पाणी म्हणून ओळखले जाते. पण ही शुद्धताच या पाण्यातील उणीव ठरली. म्हणूनच ते पुरविण्याआधी त्यामध्ये फ्ल्यूओरिन मिसळले जावू लागले कारण फ्ल्यूओरिनच्या आभावामुळे दातांचे रोग जडतात. स्विडिश शास्त्रज्ञानी तर असे प्रतिपादन केले की जे लोक कटाक्षाने फेनद पाणी (क्षारविरहित पाणी) वापरतात त्याना हृदयविकार जडण्याची अधिक शक्यता असते.

शरिरास रासायनिक मूलतत्त्वे पुरविण्यात एक अडचण अशी की शरिरातील पेशी-इंद्रिये यात अंतर्भूत असणारे सारेच पदार्थ एकदम मूलतत्त्वांपासून तयार करता येत नाहीत. उदाहरणार्थ, ज्या बावीस प्रकारच्या अमिनो अम्लांपासून प्रथिन-द्रव्ये तयार होतात, त्यापैकी शरिरांमार्फत फक्त दहाच अम्ले तयार केली जातात, उरलेली बारा तयार स्वरूपात पुरवावी लागतात. शिवाय, शरीर जरी अमिनो अम्ले तयार करीत असले तरी त्यासाठी जरूरी असणारे नायट्रोजन सेंद्रिय संयुगांच्या रूपात पुरवावे लागते. ग्लूकोजच्या बाबतीतही अशीच वस्तुस्थिती असून कार्बन आणि हायड्रोजनचा प्रत्यक्ष वापर करून शरीर ते तयार करू शकत नाही. यासाठीच पूर्वनिर्मित, तयार हायड्रोकार्बन संयुगे ग्लूकोज निर्मितीसाठी वापरली जातात.

शरिरास अतिशय जरूरीच्या असणाऱ्या पदार्थांपैकी जीवनसत्त्वांचा उल्लेख अवश्य केला पाहिजे. ती अत्यल्प प्रमाणात का लागेनात, जीवनास ती केवळ अपरिहार्य आहेत.

अन्नाची निवडही तेवढीच महत्त्वपूर्ण असते. या बाबतीत मधमाशांचे उदाहरण आदर्श ठरेल. राणी-मधमाशी तथाकथित "राजेशाही मुरंब्या"चे म्हणजे उत्कृष्ठ दर्जाच्या मधाचे जन्मापासून अखेरपर्यंत सेवन करीत दोन

ते तीन वर्षे जगते. याउलट, कामकरी मधमाशीस जन्मानंतर एक दोन दिवसच त्याचा लाभ होतो व नंतर तिसऱ्या दिवसापासून तिला भरड अन्न पुरविले जाते. परिणामी त्यांचे पूर्ण वाढीच्या प्रजोत्पादक माद्यांमध्ये रूपांतर तर होत नाहीच, शिवाय त्या दोन ते तीन आठवडेच जगतात.

अन्नातील विविध घटकांमुळे निव्वळ शारीरिक विकासच होतो असे नसून मानसिक विकासावरही त्यांचे प्रभुत्व असते. इटलीमध्ये अशी एक समजूत आहे की त्यांच्या देशातील पांढरे जरदाळू पिकविणाऱ्या विभागांनी जगास जेवढी प्रतिभाशाली, अलौकिक माणसे पुरविली तेवढी जगातील इतर भागात नाहीत. अशा समजुती अगदीच निराधार समजण्याचे कारण नाही. मानसशास्त्र आणि औषधिशास्त्र यांच्या अभ्यासकांच्या मते प्रतिभाशाली व्यक्ती निर्माण करणारा, मेंदूस उत्तेजित करणारा, शिक्षण आणि इतर बौद्धिक कामे सुलभ करणारा असा पदार्थ (किंवा असे पदार्थ) शोधणे अगदीच हास्यास्पद समजण्याचे कारण नाही. भविष्यकाळात या संशोधनास चांगली फळे कशावरून येणार नाहीत?

माणूस हा सर्वभक्षक प्राणी आहे. त्यास विशिष्ट अन्नाची सवय झालेली असते एवढेच, अन्यथा कोणताही अन्नप्रकार त्याच्या अंगवळणी पडण्यात अडचण नाही. प्राणिजगतातही काही सर्वभक्षक प्राणी आढळतातच. काही मात्र फारच चमत्कारिक पदार्थांचे सेवन करतात. लाकूड, लोकर, पिसे, माशांचे खवले, मेण अशा प्रकारच्या वस्तू खाणारे प्राणीदेखील आढळतात.

एकाच जातीतील प्राण्यांमध्येही रूचिभिन्नता आढळते. डासांच्या माद्या रक्त पिणाऱ्या असतात कारण प्रजोत्पादनासाठी रक्तातील प्रथिनाची आवश्यकता असते. नरवर्गीय डांस वनस्पतीजन्य अन्नावर समाधानी असतात.

बदलत्या वयानुसार चवीतही फरक पडतो. अफ्रिकेतील हनी-गाईड (African Honey guide) या सुंदर पक्ष्यांचे बदलते खाद्य विशेष उल्लेखनीय आहे. हे पक्षी स्वतःचे घरटे न बांधता कोकिळेप्रमाणेच दुसऱ्या पक्ष्यांच्या घरट्यात अंडी घालतात. त्यांचे दत्तक-आईबाप स्वतःच्या पिलांबरोबर हनी-गाईडच्या पिलानाही कीटकादि खाद्य पुरवून वाढवितात. मात्र ती मोठी होऊन स्वतःच्या पायावर उभी राहू लागताच घरट्यांबाहेर पडतात आणि मधमाशांची रिकामी पोळी धुंडू लागतात आणि पोळ्यांचे मेण खाऊन कालक्रमण करू लागतात.

हनी-गाईड पक्ष्याना त्यांचे दत्तक आईबाप मेण खाण्यास शिकवत नसताना ही त्याना मेणाबद्दल आकर्षण का वाटावे हे समजणे कठीण आहे. मधमाशा असणाऱ्या पोळ्यांकडेही ते आपला मोर्चा वळवतात. तथापि, मधमाशांशी दोन हात करणे या हनी-गाईडना परवडणारे नसते. म्हणून अधिक सामर्थ्यवान अशा 'लुटारू'ना ते मदत करतात. मोठ्या आवाजात चिवचिवाट करून ते स्थानिक रहिवाश्यांचे किंवा ते जमले नाही तर मधखाणाऱ्या हनी-बॅजर (Honey-badger) पक्षांचे आपल्या शोधाकडे लक्ष वेधून घेतात. हनी-बॅजरनी मध फस्त केल्यावर मग ते रिकाम्या पोळ्यावर ताव मारतात.

खाण्याचा जगातील सर्वात धक्कादायक प्रकार म्हणजे नरमांसभक्षणाचा. पूर्वी फिजी बेटावरील माणसे, माणसाना मारून त्यांचे मांस खात असत असा एक दृढ समज होता. स्वजातभक्षण अनेक ठिकाणी आढळते.

एव्हियन टिक् या गोचिडांच्या जातीत स्वजातभक्षणाचा जो उद्योग चालतो तो उल्लेखनीय आहे. हे गोचीड, पक्षाना अत्यंत घातक अशा स्पायरोचितोसिस रोगाचे जंतू वाहक आहेत. पक्षाना हे गोचीड किंवा त्यांच्या आळ्या जेव्हा चिकटतात तेव्हा सारेच काही पक्षाच्या शरिरात घुसत नाहीत. तर, काही जण मादी किंवा आळी – जी पक्षाचे रक्त शोषित असते – शोधून तिला चिकटतात आणि तिच्या शरिरात येणारे रक्त प्राशन करू लागतात. पुष्कळदा पहिल्या गोचिडास दुसरा, दुसऱ्यास तिसरा याप्रमाणे पाच सहा गोचीड एकमेकांचे (खरे पाहता पक्ष्याचे) रक्त प्राशन करताना आढळतात. या बाबतीत कोणताच गोचीड प्रतिकार करत नाही आणि सर्वांचे समाधान झाल्याखेरीज ही साखळी तुटतही नाही. एकमेकांचे शोषण करणारे हे गोचीड जिवंत तर राहतातच, पण नेहमीप्रमाणे त्यांची वाढही होत राहते.

अत्यंत अपरिचित अशा सवयींचा विचार करताना विष्ठाभक्षक प्राण्याना विसरून चालणार नाही. पुष्कळसे प्राणी विष्ठाभक्षणाचा मार्ग काही काळापुरताच अनुसरतात. उदाहरणार्थ, कुत्र्यांच्या काही जाती आपल्या पिलांची विष्ठा खाणाऱ्या आहेत. अर्थात आपल्या घरात – गुहेत – स्वच्छता राखण्यासाठीच तसे केले जाते.

मधमाशीच्या पोळ्याचे मेण खाणारा पतंग अथवा टोळ (हनीकोंब मॉथ) यांच्या आळ्यांचे विष्ठाभक्षण फारच वैचित्र्यपूर्ण म्हटले पाहिजे. यदाकदाचित पतंगानी आधाशीपणे सारे मेण फस्त केले तर त्यांच्या आळ्याना स्वतःची विष्टा खाण्यावाचून गत्यंतर नसते. आश्चर्याची गोष्ट ही की त्यापासून बाहेर पडणारी नवी विष्टादेखील भक्षणीय असते. या पतंगांच्या एकापेक्षा

अधिक पिढ्या याप्रमाणे पुन्हापुन्हा स्वविष्ठा भक्षण करून वाढतात. हे चक्र कधीकधी सात ते आठ वर्षे चालू असते.

ऊर्जा पुरविण्याचे हे माध्यम पुनःपुन्हा वापरण्याएवढे उपयोगी का याचे कारण फार साधे आहे. पोळ्यातील मेण हे पचविण्यास अत्यंत जड असते. मेणखाऊ पतंग केवळ मेणावरच उदरनिर्वाह करीत असले तरी त्यांच्या पोटात पूर्ण पचन कधीच होत नाही. यावरून विष्ठेचा अनेकदा का वापर होतो ते लक्षात येईल.

या पृथ्वीवर विष्ठाभक्षक प्राण्यांची संख्या मोठी आहे. भुंग्यांच्या काही जाती, गोचीड आणि विविध कृमी फक्त विष्ठाच खातात. त्यातही, कोणी फक्त गायीचेच शेण, कोणी घोड्याची लीद तर कोणी सशांच्याच लेंड्या खातात. काही भृंगप्रकार विष्ठेच्या ढिगातच बिळे करतात आणि त्यामध्ये भावी आळ्यांसाठी अन्न साठवितात.

स्कॅरॅब (Scarab) नामक कीटकाची सवय मात्र गोंधळात टाकणारी आहे. हे कीटक विष्ठेचे, स्वतःच्या आकारापेक्षा काही पट मोठे असे चेंडू तयार करतात आणि ढकलत ढकलत नेतात. कदाचित ह्या त्यांच्या आगळ्या वागण्यामुळेच इजिप्शियन लोकानी त्याना पवित्र मानले असावे. मेम्फिस येथील देवळात असणाऱ्या प्रत्येक एपीस नामक पवित्र बैलाच्या अंगावर या नैसर्गिक आरोग्यरक्षक कामकऱ्याची प्रतिमा रंगवलेली आढळते.

रेड वुड वृक्षांमध्ये असणाऱ्या मुंग्या फक्त मावा कीटकांच्या विष्ठेचाच उदरभरणासाठी उपयोग करतात. या विष्ठेत शर्करा आणि इतर पोषक द्रव्ये आढळतात. मुंग्या केवळ या कीटकांची विष्ठाच गोळा करीत नाहीत तर शत्रूपासून त्यांचे रक्षण करून त्यांचे संगोपन आणि वर्धनही करतात. या कीटकानी शिशिर ऋतूमध्ये घातलेली अंडी मुंग्या शरद ऋतूमध्ये गोळा करतात आणि आपल्या वारूळात लपवून ठेवतात. वसंत ऋतू सुरू होऊन उष्णता वाढली की मुंग्या आळ्याना बाहेर ओढत आणून हिरवळीवर ठेवतात आणि त्याना खाऊ घालतात. संध्याकाळी आळ्या परत वारूळात नेल्या जातात, रात्री उकाडा वाढला तरच बाहेर राहू देतात. काही जातीच्या मुंग्या वनस्पतींच्या मुळावर राहणाऱ्या पानउवांचे संगोपन करतात. त्यांच्यासाठी त्या मातीची छोटी-छोटी "घरे" बनवतात. या मुंग्यांचे एक वारूळ एका वर्षाच्या काळात जवळजवळ १ क्विंटल विष्ठा गोळा करते.

काही प्राणी बाल्यावस्थेपुरतेच विष्ठाभक्षक असतात. ऑस्ट्रेलियातील

युकॅलिप्टस (Eucalyptus) वृक्षराजींमध्ये कोएला नामक प्राणी असून कांगारूप्रमाणेच त्याच्या मादीच्या अंगभूत पिशवीत पिलांची जोपासना होते. फरक एवढाच की कांगारूची पिशवी पोटावर असते तर कोएलाची पिशवी पाठीवर असते. सुपवातीला कोएलांची पिले आईच्या दुधावर आणि नंतर तिचीच विष्ठा खाऊन वाढतात. युकॅलिप्टसची पाने खाणाऱ्या या माद्यांच्या विष्ठेत पेप्टॉन (Pepton) नामक संयुग भरपूर प्रमाणात आढळते. पिलेवाहक पिशवी पाठीमागच्या बाजूस असल्यामुळे, मादीची विष्ठा पिलाना सहज उपलब्ध होते. (कोएला प्राणी झाडांच्या उंच शेंड्यावर राहतात आणि ते खाली जमिनीवर कधीच येत नाहीत).

हे सारे झाले प्राण्यांबद्दल, पण मनुष्यप्राण्याच्या बाबतीत काय वस्तुस्थिती आहे? निसर्गदत्त सारासार विचारांमुळे आपण अशा ओंगळवाण्या आणि किळसवाण्या पदार्थांपासून दूर राहिलो आहोत अशी आपली समजूत असावी. पण ती फसवी ठरते. मधाचेच उदाहरण घ्याना. स्वदिष्ठ आणि मोठ्याप्रमाणावर वापरात येणाऱ्या ह्या खाद्यपदार्थाची निर्मिती अशाच अप्रिय पदार्थापासून होते. मधाच्या निर्मितीसाठी "कच्चा माल" म्हणून फुलांचा मकरंद वापरला जातो. ह्या मकरंदावर मधमाशांच्या कूटका मध्ये प्रक्रिया होते आणि केनशुगरचे अंशतः फ्रुटशुगर आणि ग्रेपशुगर मध्ये रूपांतर होते. नंतर त्यांचा पोळ्यातील कोशांमधून साठा केला जातो. तर अशारीतीने हा मध तयार होतो. याही पुढची पायरी म्हणजे जर्मनीत मोठ्या प्रमाणात गोळा केला जाणारा हनी-ड्यू हा पदार्थ होय. पूर्वी उल्लेख करण्यात आलेल्या व वृक्षनिवासी मुंग्यांमार्फत खाल्ल्या जाणाऱ्या पान-ऊ किंवा मावा कीटकाचीच ती विष्ठा असते! पण त्या देशातील लोकाना हा एक चवदार पदार्थ वाटतो.

विष्ठाभक्षक प्राण्यांची ही चमत्कारिक सवय क्षणभर बाजूला ठेवली तरी ते फार उपयुक्त ठरतात हे नाकबूल करून चालणार नाही. ते केवळ आपली पृथ्वी स्वच्छ ठेवीत नाहीत तर निसर्गसृष्टितील महत्त्वपूर्ण सेंद्रिय संयुगे राखून ठेवण्यात मदत करतात.

या ग्रहावर अशा विष्ठाभक्षक प्राण्यांची संख्या प्राचीन काळाशी तुलना करता अगदी कमी असावी. कोणत्याही कारणामुळे असो, त्यानी आपले या बाबतीतील कर्तव्य बजावलेले दिसत नाही. सत्तर ते ऐंशी लाख वर्षांपूर्वी युरोपमध्ये इक्थियोसॉरस नामक प्रचंड आकाराचे सरपटणारे प्राणी होऊन

गेले. ते आकाराने आणि संख्येने तर विपूल होतेच पण त्यांचे अस्तित्वही दीर्घकालीन ठरले. या तीनही गोष्टी दर्शविणारी खूण त्यानी आपल्यामागे ठेवली ती त्यांच्या विष्ठेच्या प्रचंड टेकड्यांच्या स्वरूपात!

काळामुळे साऱ्या पदार्थांवर उदात्तीकरणाचा प्रयोग होत असावा. काही मर्यादेपर्यंत ते खरेही आहे. पाईन वृक्षातील राळ लाखो वर्षांपूर्वी जमिनीखाली गाडली गेली आणि पुढे तिचे तैलस्फटिक किंवा अंबरमध्ये रूपांतर झाले. इक्थियोसॉरसांची विष्ठा हजारो वर्षे जमिनीखाली राहिली आणि त्याची दुर्गंधी तर नाहीशी झालीच पण तिचे कोप्रोलाईट नामक खडकात रूपांतर झाले. बारीक भुकटीच्या स्वरूपात त्याचा खत म्हणून उत्कृष्ठ उपयोग होतो. कोप्रोलाईटचे विस्तृत साठे इंग्लंडमध्ये यॉर्कनजिक आणि पश्चिम जर्मनीत असून तेथे कित्येक वर्षांपासून खाणकाम चालू आहे.

कोप्रोलाईट पूर्वाश्रमी विष्ठाच असल्यामुळे तित अंड्यांचे तुकडे, माशांचे खवले आणि रंगद्रव्ये आढळणे क्रमप्राप्त ठरते. त्यामुळे पॉलिश केलेला त्याचा पृष्ठभाग आकर्षक नक्षीकामाने सजविल्याप्रमाणे दिसतो. म्हणूनच त्यापासून स्त्रियांची आभूषणे (साडीपिना, कर्णफुले, बटणे, माळा, इ.) तयार केली जातात.

"सरपटणारे" दात

शरिरातील सर्वात महत्त्वाचा भाग कोणता असा जर प्रश्न विचारण्यात आला तर दातांची फारच थोड्या जणाना आठवण होईल. तथापि दात अतिचेय महत्त्वपूर्ण कामगिरी बजावित असतात. दातांमुळे भक्ष्य पकडता येते, ठार मारता येते आणि त्याचे तुकडे करता येतात. म्हणूनच जंगली जनावरे दंतहीन झाली तर मृत्यमुखी का पडतात ते लक्षात येईल. कृत्रिम दातांची – कवळीची – कला आत्मसात करणारा आणि खाद्यपदार्थांबाबत अमर्याद रूची असणारा माणूसही दातांबाबत बेपर्वाई दाखवू शकत नाही.

मांसाहारी आणि शाकाहारी अशा दोन्ही प्राण्यांच्या दृष्टीने दातांचे महत्त्व सारखेच आहे. जरी एक सुळ्याचा दात पडला तरी वाघाला पाळीव प्राणी आणि माणसांकडेही आपला मोहरा वळवावा लागतो कारण खूरयुक्त जनावरांची तो सुळ्यांशिवाय शिकार करू शकत नाही. सुप्रसिद्ध भारतीय शिकारी जिम् कॉर्बेट यानी अशा प्रकारची कितीतरी उदाहरणे वर्णिलेली आहेत.

व इतर कोणत्याही प्राण्यांपेक्षा तीक्ष्णदंती आणि कुरतडणारे उंदीर-घुशी असे प्राणी दाताना सर्वात जास्त काम देतात. हे काम एवढे प्रचंड असते की अत्यंत तीक्ष्ण आणि कठीण धातूंचे दातही झिजून जातील. आणि जर हे टाळावयाचे असेल तर दात वाढू देणे एवढाच उपाय शिल्लक राहतो. या प्राण्यांच्या पुढच्या दातांची सातत्यपूर्वक आणि फार जलद वाढ होत असते एवढी की जर त्यांचा कुरतडण्याचा आणि खणण्याचा उद्योग बंद केला गेला तर दात एवढे मोठे वाढतील की त्यांचा "मालक" त्यासमोर छोटा ठरेल. उंदराचे पुढचे दात महिन्यास तीन सेंटीमीटर या वेगाने वाढतात. कुरतडण्यामुळे होणारी त्यांची झीज बंद पडली तर म्हातारपणापर्यंत ते सत्तर ते शंभर सें. मी. लांबीचे होतील.

हत्तीचे आयुष्य त्याच्या दातांच्या परिस्थितीवर अवलंबून असते. त्याचे आणि टणक वनस्पती तो आपल्या रुंद बळकट दाढाखाली चिरडतो. हत्तीच्या तोंडात वापरात येणाऱ्या दातांच्या (working teeth) दोनच जोड्या असतात एक जोडी वरच्या जबड्यात आणि एक खालच्या जबड्यात. याबरोबरच जादा दातांच्या प्रत्येकी पाच जोड्याही असतात. जसजसे दात झिजून पडतात तसतसे त्याच्या जागी नवे दात उगवितात. असे सहा वेळा घडते. सहावी जोडी झिजून पडून गेली की हत्तीचे पोषण हळूहळू घटत जाते आणि परिणामी त्याचा मृत्यू होतो.

शिकारी माशांच्या बाबतीत दातांचे महत्त्व कल्पनातीत असते. देवमाशांच्या जबड्यातील पृष्ठभाग दातानी गजबजलेला असतो आणि त्याची टोके आतल्या बाजूस वळलेली असतात. त्यामुळे भक्ष्य चांगल्या रीतीने पकडून ठेवता येते. त्यांच्या पुढच्या दाताना अर्थातच सर्वाधिक काम पडते त्यामुळे ते झिजतातही लवकर. त्यांची जागा नव्या दातांमार्फत घेण्याची सोय नसती तर देवमाशा पुढे कठीण काळ उभा राहिला असता. तथापि, हे पुढचे दात आयुष्यभर पुढे पुढे सरकत असतात. दातांच्या ओळींमागून ओळी मंद गतीने पण सातत्यपूर्वक जबड्याच्या पुढच्या बाजूस सरकत असतात. जुने, झिजलेले दात पडतात आणि त्यांची जागा पुढे पुढे सरकणारे दात घेतात. देवमासा मरेपर्यंत, मागच्या दातानी पुढची जागा घेणे चालू असते. म्हणजेच अगदी वृद्धापकाळातही भक्ष्य पकडणे व त्यासाठी लढत देणे देवमाशाना शक्य असते.

निव्वळ अन्न भरडण्यासाठीच जेव्हा दातांचा वापर होतो तेव्हा ते जबड्यांऐवजी इतरत्र देखील आढळतात. कार्प (Carp) कुटुंबातील माशांची

तोंडे दंतविरहीत असतात पण त्यांच्या घशात दात असतात. अन्नावरील प्राथमिक क्रिया या ठिकाणी घडून येतात.

काही शिकारी मासे आणि कासवांचे दात त्यांच्या अन्नमार्गात असतात. त्याना दात म्हणण्याइतपत ते तीक्ष्ण नसतात. मोठ्या खिळ्यांसारखे किंवा शंकूंसारखे त्यांचे स्वरूप असून पकडला गेलेला जिवंत प्राणी सुटू नये म्हणून त्याचा वापर केला जातो. जणू काही फणसाचे काटेच! हे दात पोटाच्या दिशेने वळलेले असतात त्यामुळे अन्न त्याच दिशेने पुढे सरकू शकते म्हणून अन्न पोटातून बाहेर पडणे शक्य नसते.

ज्या प्राण्याना स्वतःचे दात नसतात त्याना इतर मार्गांचा अवलंब करावा लागतो. पक्ष्यानी खाल्लेले अन्न, त्यांच्या पोटातील लहान खड्यांमुळे भरडले जाते. जाड आणि स्नायूमय पोटाच्या पिशवीत गेलेले धान्यकण एखाद्या जात्याप्रमाणेच छोट्या दगडांमध्ये दळले जातात. पक्षी दगड का गिळतात? ते भुकेले असतात म्हणून? मुळीच नाही. पोटात गेलेले दगड झिजले असून त्याऐवजी नव्या दगडांची जरूरी आहे हे त्याना कसे कळते? नेमक्या टणक दगडांचीच निवड ते कशी करतात? या प्रश्नांची उत्तरे अद्यापीही देता येत नाहीत.

फक्त पक्षीच दगड गिळतात असे नाही. देवमासे, वॉलरस आणि सील प्राण्यांच्या पोटात ३५० ते ५०० ग्रॅम वजनांचे दगड अनेकदा आढळून येतात. वेळोवेळी हे दगड ते ओकून टाकतात त्यामुळे त्यांच्या नेहमीच्या निवासाच्या जागी दगडांचा ढीग आढळतो. जणू काही त्याना भूगर्भशास्त्रीय वस्तू संग्रहालय स्थापन करावयाचे असते! समुद्रामध्ये वास्तव्य करणारे प्राणी इतक्या मोठ्या प्रमाणात दगड किंवा त्या सारख्या इतर टणक वस्तू का गिळतात ह्याचे नक्की कारण शोधून काढण्यात शास्त्रज्ञाना अद्यापी यश मिळालेले नाही.

कदाचित पोटात जाणाऱ्या कवचधारी प्राण्यांची कवचे फोडण्यासाठी या दगडांचा उपयोग होत असावा किंवा पोटात जे परोपजीवी कृमी असतात त्यांच्याविरुद्ध झगडण्यासाठी या दगडांचा उपयोग होत असावा. कारण हे कृमी म्हणजे या प्राण्यांची मोठी डोकेदुखीच असते.

प्राणी जर जास्त काळ भुकेले राहिले तर ते दगड गिळतात. दगडांमुळे भूक काही भागत नाही, तेव्हा दगड गिळण्यामागे वेगळाच उद्देश असावा. यामुळे असे सूचित केले गेले की अपक्षय (atrophy) टाळण्यासाठी प्राणी

दगड गिळत असावेत. अपक्षय म्हणजे एखादे इंद्रीय आकसून पुढे त्याचे कार्य बंद पडणे होय. पोटाला अन्न न मिळाल्यामुळे त्यांचे नेहमीचे कार्य बंद पडून अपक्षय होऊ नये म्हणून हे 'फसवे' अन्न (दगड) गिळून पोटाचे काम चालू ठेवण्याचा यामागे हेतू असावा.

समुद्रातील काही सस्तन प्राणी मात्र अन्नपचनाऐवजी दुसऱ्याच एका कामासाठी दगड गिळत असावेत. जेव्हा या प्राण्याना मुबलक अन्न उपलब्ध होते तेव्हा ते लठ्ठ होतात. परिणामी त्यांचे सरासरी विशिष्ठ गुरूत्व कमी होऊन पाण्यात खोलवर बुडणे त्याना अशक्य होत जाते. वजन वाढविण्यासाठी मग दगड गिळले जात असावेत. दगडांच्या रूपातील हा पूरक भार बराच मोठा असतो असे गणिती आकडेमोड दर्शविते. काही सील प्राण्यांच्या पोटात अकरा कि. ग्रॅ. वजनांचे दगड आढळले आहेत.

तथापि दात हे काही उत्कृष्ठ हत्यार म्हणता येत नाही. आणि ही उणीव भरून काढण्यासाठी निसर्गाने योग्य तरतुदी करण्यात कसूरही केलेली नाही. गोगलगायींच्या काही जाती (prosobronchiate snails) मोठ्या आकाराच्या आणि कठीण कवच असलेल्या प्राण्यांवर जगतात. या कवचाना आपल्या रेत्रिकाच्या सहाय्याने छिद्र पाडण्यास गोगलगायीस काही आठवडे किंवा महिने लागतील. शिवाय अशा प्रकारच्या कामामुळे रेत्रिकादेखील काही काळाने बोथट होईल. एक विशिष्ट प्रकारची लाळ इथे दातांची जागा घेते. ही लाळ म्हणजे चार टक्के गंधकाम्लाचा द्राव असतो. यात आश्चर्य वाटण्यासारखे काहीच नाही; माणसाच्या पोटात जर हायड्रोक्लोरिक आम्ल पाझरते तर गोगलगायीनी आपल्या गंधकाम्लाचा वापर का करू नये?

मृदुकाय कवचधारी प्राण्यांच्या कवचावर गोगलगाय आपली अम्लरूपी लाळ थोड्याशा भागावर टाकते. त्यामुळे कवचाचा पृष्ठभाग त्यामध्ये विरघळतो. या ठिकाणी भोक पाडून, त्यात सोंड खुपसून गोगलगाय आतील असहाय प्राण्याचा फडशा उडविते.

घशातून अन्न खाली जाण्यास केवळ भरडण्याची क्रियाच पुरेशी असते असे नाही. म्हणूनच पूर्वतयारी करणाऱ्या तोंडाच्या कारखान्यात लालापिंड ठेवलेले आहेत. अन्नावर यांत्रिक आणि रासायनिक प्रक्रिया करण्यासाठी त्यांचा मोठाच उपयोग होतो. लाळेमार्फत पुष्कळ महत्त्वाच्या प्रक्रिया जरी केल्या जात असल्या तरी अन्न ओले करणे व त्यायोगे अन्ननलिकेतून ते खाली उतरण्यात सुलभता आणणे हे सर्वात महत्त्वाचे काम ठरते. कासवांच्या एका

जातीमध्ये (European Pond-tortoise) लालापिंड नसतात. त्यामुळे ते आपले भक्ष्य पाण्यातच खातात. पाण्यामुळे भक्ष्य ओले होऊन खाण्यास-गिळण्यास सुलभ जाते. ही कासवे जमिनीवर मात्र असहाय ठरतात, कारण कोरडे अन्न त्यांच्या घशात अडकून राहते. यावरून लाळेचे महत्त्व सहज ध्यानात येते.

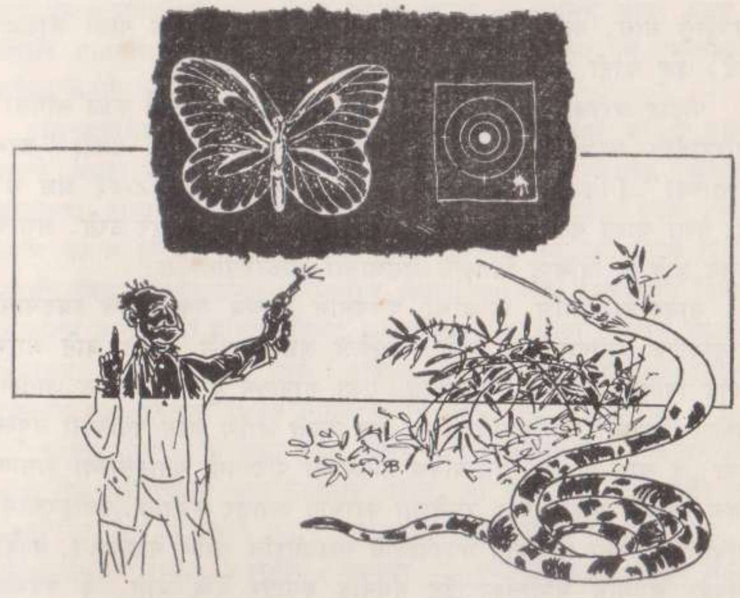
अनेक प्राण्यांच्या लाळेत वितंचके (enzyme) असतात आणि खाल्ल्या जाणाऱ्या अन्नावर प्रथम त्यांची रासायनिक प्रक्रिया घडून येते. निसर्गाने पुढे पुढे लाळेस असे काही गुणधर्म दिले की त्यायोगे ती विषारी ठरली. तशा गुणधर्माची जरूरीच होती. कारण शरिरास धोकादायक असे अनेक सूक्ष्म जंतू तोंडातील ओलसर आवरणामध्ये आणि दातांच्या फटीत अडकलेल्या अन्नकणांमुळे निर्माण होत असतात, ते लाळेच्या विषारी गुणधर्मामुळे नाहीसे होण्यास मदत होते.

तथापि निसर्गाने हा "विष प्रयोग" अर्धवट सोडला नाही, त्याची शेवटची भायानक पायरी गाठलीच. लाळेचा विषारीपणा एवढा वाढविला गेला की केवळ कल्पनेनेच घाम फुटावा. उदाहरणार्थ, विषारी सापांचा दंश. अगदी मानवाच्या दृष्टीने देखील तो मृत्यूदायक ठरतो.

सापातील विष किंवा विषारी लाळ कोठून येते? सापाच्या काहीशा "फेरफार" झालेल्या लालापिंडामधून विषारी लाळ पाझरते आणि या लालापिंडांचे तोंड त्याच्या दांतातील छिद्रमय मार्गात उघडलेले असते. दाताच्या मुळाशी छोटीशी थैली असते तीवर दाब देऊन विष दातामधून बाहेर टाकले जाते. ही क्रिया साप दंश करतानाच घडून येते. सर्पदंशामुळे होणाऱ्या जखमेत सारे विष (इंजेक्शनप्रमाणे) भरले जाते.

आपले हे प्राणघातक शस्त्र वापरण्यामध्ये काही सर्प फार डोकेबाज ठरले आहेत. नावा आणि काही आफ्रिकन साप यानी दंश करण्याचे तंत्र परिपूर्ण केले असून विष कारंज्यासारखे थुंकण्यात ते फार पटाईत आहेत. दंश खोलवर नसेल तर विष जखमेत न पडता सूक्ष्म फवाऱ्याच्या रूपात विस्तृत जागेवर विखुरले जाते. साप आणि त्याचे लक्ष्य यातील अंतर जेवढे जास्त तेवढा विषाचा फवारा अधिक जागेवर विखुरला जातो.

विषाचा हा फवारा थुंकण्यात साप तरबेज असून चार मीटर अंतरापर्यंत त्याचा पल्ला असतो. विषाच्या थैलीवरील दाब आणि हालचालीचे जडत्व यामुळे आणि त्याचप्रमाणे डोके पुढे झुकवण्यामुळे साप हा पल्ला



गाठू शकतो. छोटया प्राण्यांच्या डोळयात, नाकाच्या श्लेश्मल त्वचेत किंवा तोंडात अशा प्रकारे विषाचा फवारा गेला तर ते मृत्युमुखीच पडतात. इतर विषारी सर्पांच्या तुलनेने हे दीर्घ पल्ल्याचे शस्त्र अधिक प्रभावी ठरते.

सापांमध्येच विषारी लाळ आढळते असे नाही. प्रशांत महासागर, फिजी न्यू गिनिआ आणि सामोआ बेटांजवळ शंखधारी ऊर्फ उदरपाद मृदूकाय प्राणी आढळतात. त्यांचे सुंदर दिसणारे शंख किंवा शंक्वाकृती करचे चांगली पंधरा सें. मी लांबीची असून ती प्राण्याना आकर्षित करतात. पण त्याना स्पर्श करणे धोक्याचे असते. तो हरहुन्नरी प्राणी त्याच्या रेत्रिकास असणाऱ्या तीक्ष्ण दाताने लगेच चावा घेतो. अशा एखाद्या मोठया आकाराच्या प्राण्याचा विषारी डंख मृत्युदायक ठरतो.

एकदीर्घकाल गूढ उकलले!

खाल्लेल्या अन्नाचे पचन पोटात होते हे अगदी प्राचीन काळापासून मानवास ज्ञात होते. आपली शिकार जेव्हा ते खाण्यासाठी कापत तेव्हा त्याना त्याच्या पोटात डोकाविण्याची संधी मिळत असे. त्याच्या पोटात

खाल्लेले मांस, गवत किंवा धान्य सापडत नसे पण पिठूळ गोळा आढळून येई. जणू काही भांड्यात शिजवलेले अन्नच!

पोटात खरोखरीच काय घडते हे कळण्यास मानवास दीर्घ काळ लागला. शरिरातील ऊष्णतेमुळे काही हा बदल घडून येत नाही. अगदी "गरम रक्ताच्या" (नियततापी) प्राण्यांच्या पोटातील तपमान ३८-४३ अंश सें. ग्रे. पेक्षा जास्त नसते आणि अन्न शिजण्यास ते नक्कीच अपुरे ठरते. अन्नाचे पचन होते ते विशिष्ट वितंचके असणाऱ्या जाठररसांमार्फत.

मानवाचा आणि प्राण्यांचा पचनमार्ग म्हणजे एक जटिल स्वरूपाची रासायनिक प्रयोगशाळाच असते. खाल्लेले अन्न भरडले, दळले जाते आणि त्यात विविध पाचकरस मिसळतात. एका भागातून दुसऱ्या भागात जाताना प्रत्येक ठिकाणी ते प्रक्रियार्थ भरपूर वेळ राहते आणि खास पदार्थानी संपृक्त होते. हे खास पदार्थ, रासायनिक प्रक्रियेच्या परिणामी गुंतागुंतीच्या रासायनिक घटकांचे साध्यासुध्या रचनेच्या पदार्थात रूपांतर करतात. उदाहरणार्थ, प्रथिनांचे अमिनो अम्लात, मेदपदार्थांचे ग्लायसेरॉल आणि मेदाम्लात, कार्बोहायड्रेट संयुगांचे मोनोसॅकाराईड संयुगात रूपांतर केले जाते. जे पचणार नाही व जे निरूपयोगी आहे असे पदार्थ बाहेर टाकले जातात.

पचनक्रियेचे संपूर्ण आकलन होणे सोपे नाही. अगदी अलिकडे म्हणजे गेल्या शतकाच्या अखेरीस रशियन शास्त्रज्ञ इवान पेत्रोविच पावलोव यानी पचनक्रियेचा व संबंधित ग्रंथींचा सखोल अभ्यास केला. त्या मोठ्या संख्येत आहेत हे तर दिसून आलेच पण या ग्रंथींमार्फत अन्नप्रकारानुसार विशिष्ठ गुणधर्माचा जाठररस निर्माण केला जातो हे वैशिष्टचही उघडकीस आले. या संशोधनार्थ पावलोव याना नोबेल पारितोषिक बहाल करण्यात आले. पचनक्रियेबाबत जे गूढ होते ते जणू उकलले असेच सर्वांना वाटले. तरीपण, याबाबतचे संशोधन अपूर्णच होते. प्रयोगशाळेत, परिक्षानलिकेत जरूर ते पाचकरस योग्य क्रमाने मिसळून नैसर्गिक पचनक्रियेची नक्कल कुणालाच जमत नव्हती. अन्नपदार्थाचे पचन होत होते पण नैसर्गिक क्रियेच्या तुलनेने कमालीच्या मंद गतीने!

हे गूढ उकलण्यात सोविएत शास्त्रज्ञाना अलिकडेच यश आले. आश्चर्याची गोष्ट ही की अन्नाचा जो भाग आतड्यांच्या पृष्ठभागानजिक असतो त्याचे, मुख्य भागाच्या तुलनेने फारच जलद पचन होत असल्याचे निदर्शनास आले. भांड्यात अन्न शिजण्याच्या क्रियेसारखाच हा प्रकार आहे. भांड्याच्या पृष्ठभागानजीकचे अन्न जलद शिजते कारण ते आधिक उष्ण असते. तथापि आतड्याचा पृष्ठभाग मुळीच गरम नसतो. तर मग तेथे पचनक्रिया अधिक वेगाने का होते?

आतड्याचा पृष्ठभाग खरोखरीच प्रचनक्रियेस वेग देतो का हे प्रथम पाहणे जरूर आहे. यासाठी पुढील प्रयोग करण्यात आले-एका नुकत्याच मारलेल्या प्राण्याच्या आतड्याचा भाग एका परिक्षानलिकेत ठेवला गेला आणि या व दुसऱ्या एका मोकळया परिक्षानलिकेत मंड ऊर्फ स्टार्च आणि स्टार्चचे विभाजन करणाऱ्या अमायलीज (amylase) या वितंचकाये मिश्रण टाकण्यात आले. ज्या परिक्षानलिकेत आतड्याचा भाग होता त्यातील स्टार्चचे विभाजन कितीतरी जलद झाले. यावरून हे सिद्ध झाले की आतड्याचा पृष्ठभाग अन्नपचनाच्या क्रियेस निश्चितच वेग देतो. पण हे कसे घडते?

आणखी एक प्रयोग केला गेला. स्टार्चचा द्राव असणाऱ्या परिक्षानलिकेत काही वेळ आतड्याचा भाग ठेवण्यात आला. या मागील कल्पना अशी की पचनक्रियेत वेग आणणारे पदार्थ जर आतड्यातून स्त्रवत असतील तर ते परिक्षानलिकेत अवश्य उतरतील. तदनंतर आतड्याचा तुकडा काढून घेऊन द्रावात अमायलेज मिसळण्यात आले. पचनक्रिया घडून आली पण अतिशय मंद गतीने. आतड्याच्या पृष्ठभागातून काही स्त्राव पाझरत असावेत या कल्पनेस पृष्ठी मिळू शकली नाही.

वरील प्रयोगात, आतड्यामधून स्राव पाझरण्यास पुरेसा वेळ तर दिला गेला नसावा? या शंकेचे निरसन करण्यासाठी आणखी एक नवीन प्रयोग केला गेला. मारलेल्या प्राण्याची आतडी घेऊन त्यांचा अर्क काढला गेला. या अर्काततरी, आतड्यांमधून स्त्रवणारा 'तो' पदार्थ नक्कीच आलेला असणार! तथापि, परिक्षानलिकेतील स्टार्च-अमायलेज मिश्रणात हा अर्क मिसळण्यात आला तरीसूद्धा पचनक्रियेस वेग मळाला नाहीच. आतड्यांमधून पचनक्रिया वेगाने घडवून आणणारा पदार्थ आतड्यांमध्ये नक्कीच नाही हेच खरे. मग ही क्रिया कशामुळे वेगवान होत असावी?

हे कोडे पुढे अचानक उलगडले. असे आढळून आले की, आतड्यांच्या भिंतीची प्रत्यक्ष रचनाच पचनक्रियेत सुलभता आणण्यास मदत करते. पेशीमुळे तयार होणारा आतड्याचा जो अधःस्तर असतो त्यावर अतिसूक्ष्म असे कोंब असतात. प्रत्येक पेशीस तीन एक हजर कोंब असतात. परिणामी आतड्याचे पृष्ठभागीय क्षेत्रफळ कमालीचे विस्तृत ठरते. यामुळे अनेक प्रकारच्या वितं-

चकांचा निक्षेप करणे व ते राखून ठेवणे हा महत्त्वपूर्ण गुणधर्म आतड्यास प्राप्त होतो. रासायनिक क्रिया प्रवेगित करणाऱ्या उत्प्रेरकाची भूमिका हे वितंचक बजावितात. विक्रियाकारक द्रव्यांबरोबर (reagents) हे वितंचक रासायनिक स्वरूपाच्या परस्पर क्रियेत भाग घेतात खरे पण प्रक्रिया संपताच त्याना मूळचे रासायनिक स्वरूप प्राप्त होते. उत्प्रेरकाच्या अत्यल्प प्रमाणा-मुळेसुद्धा रासायनिक क्रिया नजरेत भरण्याएवढ्या वेगाने का घडून येते याचा आता खुलासा होईल.

ज्या पृष्ठभागानजीक उत्प्रेरकांचे प्रमाण जास्त, त्या नजीक पचनक्रिया जलद गतीने होणे अगदी नैसर्गिक म्हटले पाहिजे. यासाठी उत्प्रेरकाचे एकूण प्रमाण अल्पसे असले तरी चालते; कारण त्यांचा अनेकदा वापर होऊ शकतो त्यांची अतिउच्च प्रमाणातील संपृक्तता हाच खरा महत्त्वाचा घटक आहे. म्हणूनच अल्प प्रमाणातील उत्प्रेरकांमुळेसुद्धा पचनक्रियेचा वेग निश्चितच वाढतो.

अन्नाचे पचन दोन टप्प्यात होते. पहिल्या टप्प्यात अन्ननलीकेमधून पुढे सरकत असलेल्या अन्नाच्या गोळ्यातच ते घडून येते. या ठिकाणी वितंचकांचे प्रमाण कमी असते. यावेळी अन्नावर प्राथमिक प्रक्रिया घडून येतात. अन्नाचे बारीक तुकड्यात रूपांतर होते आणि पुढे त्याचे अणू वेगळे होतात. या अणूंचे आणखी विभाजन म्हणजेच पचनाची मुख्य क्रिया हा दुसरा टप्पा असून ती आतड्यांमध्ये त्यांच्या पृष्ठभागानजीक घडते. या पचनास भित्ती-स्तरीय पचन म्हटले जाते आणि ते प्राण्याना फार उपयुक्त असते. पूर्वी उल्लेख करण्यात आल्याप्रमाणे याचा पहिला फायदा हा की थोड्याशा वितं-चकांच्या सहाय्याने पचनक्रियेस फार मोठा वेग मिळतो. दुसरा फायदा असा की हे पाचक वितंचक काटकसरीने वापरता येतात. आतड्यांच्या भिंतीमार्फत जे वितंचक शोषिले जातात ते टिकविले जाऊन दीर्घकाळ उपयोगी पडतात. शेवटी, तिसरा फायदा म्हणजे पूर्णतया पचलेले अन्न, जे रक्तामार्फत शोषिले जाणार असते, ज्या ठिकाणी शोषण होते नेमके तेथेच उपलब्ध होते, म्हणजेच आतड्यांच्या अगदी पृष्ठभागानजीकच ते असते. यामुळे शोषण वेगाने व परिपूर्णरीत्या घडते.

या साऱ्या शोधामुळे आणखी एक गूढ उकलले गेले. माणाच्या पचन-पद्धतीतील काही ग्रंथी आजारपणामुळे निरूपयोगी ठरतात, पण पचनक्रिया सुरळित चालू असल्यास त्याची जाणीव होत नाही. अशा परिस्थितीत अन्नपचन

होते तरी कसे हे कोडे वैद्यकतज्ज्ञाना उकलत नव्हते. आता असे आढळून आले आहे की या अकार्यक्षम ग्रंथींमधून जी काही अल्पशी वितंचक-द्रव्ये बाहेर पडतात ती आतड्यांच्या पृष्ठभागामार्फत शोषिली जातात, साचविली जातात. त्यामुळेच पचनक्रिया नेहमीसारखीच चालू राहणे शक्य होते.

गाय काय खाते ?

या प्रश्नाचे प्रयोजनच काय असेच आपण म्हणाल. मोठ्यानाच काय, पण लहान मुलानासुद्धा, "गाय गवत खाते" हे माहित असते. तथापि, या प्रश्नाचे उत्तर देण्याची घाई करू नका. कारण गायीसह रवंथ करणारे सारे प्राणी खरोखरीच गवत खाणारे आहेत असे म्हणता येणार नाही.

आपणास ठाऊक आहे की वनस्पतींमध्ये सेल्युलोजचा मोठा भाग असतो आणि पेशींच्या भित्ती निर्मितीसाठी त्याचा वापर होतो. सेल्युलोजचा एक पोषक द्रव्य म्हणून वापर होण्यासाठी आणि पेशींमधले महत्त्वपूर्ण घटक त्यापासून तयार होण्यासाठी ह्या सेल्युलोजचे विभाजन होणे जरूरी असते. यासाठी एक प्रकारच्या वितंचकाची गरज असते. आपणास आश्चर्य वाटेल की वितंचकाचा हा प्रकार निर्माण करणाऱ्या ग्रंथी गायीच्या पचनव्यवस्थेत मुळीच नसतात. केवळ लाकूड ऊर्फ शुद्ध सेल्युलोज खाणाऱ्या अशा वल्क भृंग (Bark beetle) आणि लाकूड पोखरणाऱ्या वाळवीमध्येही या प्रकारचे वितंचक निर्माण होत नाहीत. भरड अशा वनस्पतीजन्य अन्नावर उदरनिर्वाह करणारे हे सारे प्राणी अन्न पचवितात ते त्यांच्या पचनमार्गात असणाऱ्या अब्जावधी सूक्ष्म जीव-जंतूंच्या सहाय्याने!

सूक्ष्मजीवांच्या वसाहतींचा अभ्यास करण्यासाठी गायीचे उदाहरण उत्तम ठरेल. हे सूक्ष्मजीव रोमंथिका नामक पोटाच्या एका विशेष भागात आढळ-तात. (जनावराने खाल्लेले अन्न रोमंथिकेत (Rumen) साठविले जाते व परत रवंथ करण्यासाठी ते तोंडात येते.) या रोमंथिकेच्या प्रत्येक घन सें. मी. मध्ये १५ ते २० अब्ज सूक्ष्मजीव असतात. हेच ते सूक्ष्मजीव, जे गायीने खाल्लेल्या गवतावर पोसले जातात. बहुतेक सारे अन्न ते खात असल्यामुळे त्यांची वाढ तर होतेच शिवाय त्यांच्या संख्येतही प्रचंड भर पडते. गवतातील सेल्युलोजपासून पिष्ठमय तसेच ग्लायकोजेनवर्गीय संयुगे तयार

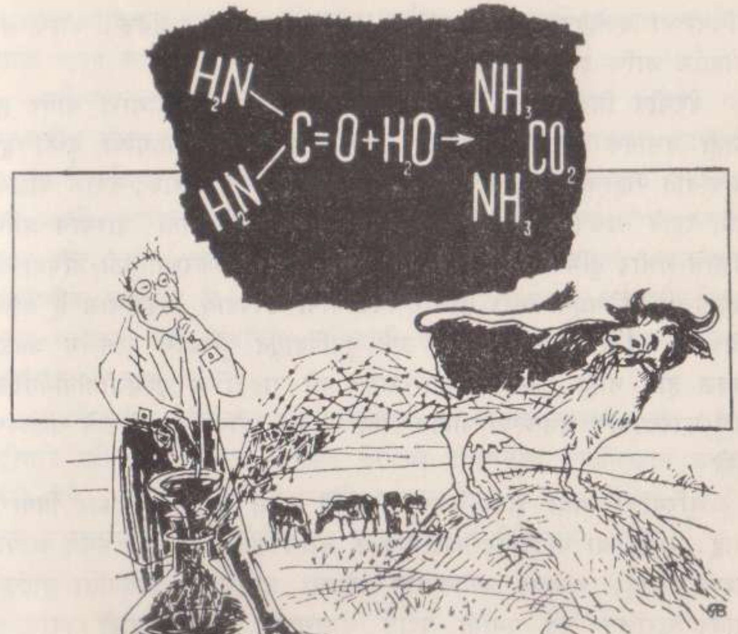
केली जातात. त्यापासून सूक्ष्म जीवांची शरिरे तयार होतात. शिवाय वनस्पतीजन्य प्रथिनांचे सूक्ष्मजीवजन्य प्रथिनांमध्ये रूपांतर होते.

जलद गतीने वाढणाऱ्या सूक्ष्मजीवांच्या वसाहतींचे भवितव्य उघड असते, त्या साऱ्यांचे पोटाच्या व आतड्यांच्या क्रमाक्रमाने येणाऱ्या भागात पचन होते. त्यानी निर्माण केलेले ग्लूकोज, अमिनो अम्ले, मेदाम्ले व इतर काही पदार्थ, कोणत्याही प्रक्रियेशिवाय रक्तामार्फत शोषिले जातात. म्हणजेच मूलभूत पोषकद्रव्यांचा मुख्य उद्‌गम म्हणजे सूक्ष्मजीव होत. हे सारे लक्षात घेता, गाय हा गवत खाणारा प्राणी न समजता खरोखरीच तो सूक्ष्मजीव खाणारा प्राणी, असे म्हणणेच इष्ट ठरते.

म्हणजेच, आपण गायीला खाऊ घालत नाही तर रोमंथिकेतील सूक्ष्मजीवाना खाऊ घालतो. जर असे असेल तर या सूक्ष्मजीवांच्या "कारखान्यास" गवतच पुरविले पाहिजे असे नाही तर "कृत्रिम वैरण" ही चालेल. वेळोवेळी निर्माण होणारी चाऱ्याची टंचाई लक्षात घेता वैरणीचा एखादा कृत्रिम प्रकार वापरण्याचा विचार केवळ कल्पनाविलास ठरविता येणार नाही.

मांस, दूध इत्यादींचे पुरेसे उत्पादन, चाऱ्याच्या अपुऱ्या पुरवठ्यामुळे होऊ शकत नाही. वनस्पतींप्रमाणे हे प्राणिमात्र अ-सेंद्रिय व नत्रयुक्त पदार्थांपासून प्रथिनांची निर्मिती करू शकत नाहीत म्हणूनच आवश्यक प्रथिने मिळविण्यासाठी प्राणी वनस्पतीजन्य अन्न खातात. तथापि, वाटाणे आणि घेवड्यांसारखीद्विदल वनस्पती सोडता इतर सर्व वनस्पतींमध्ये प्रथिनांचे प्रमाण अत्यल्प असते. ही परिस्थिती दुर्दैवी, कारण एक टन मांस निर्माण होण्यासाठी फार मोठ्या प्रमाणात वैरणीचा पुरवठा करावा लागतो. तसेच जर वैरणीतील प्रथिनांचे प्रमाण अत्यल्प असेल तर तेच पूर्णतया वापरण्यात येईल आणि उर्वरित पोषकद्रव्ये मात्र अंशतः वापरली जातील. यामुळे, प्रथिनाना पर्यायी असे पदार्थ शोधण्याचा वैज्ञानिकांचा खटाटोप दीर्घकाळ चालू होता आणि परिणामी आज युरिया किंवा कार्बामाईडसारखी संयुगे उपलब्ध झालेली आहेत. प्राणिमात्रांच्या दृष्टीने युरिया हा काही अपरिचित पदार्थ नव्हे. प्रथिनांचे जेव्हा विभाजन होते तेव्हा अमोनिया हा अति विषारी पदार्थ तयार होतो. तथापि यकृतामार्फत तो निष्क्रीय केला जाऊन पुढे युरियाच्या रूपाने शरिराबाहेर टाकला जातो.

१९५९ पासून सोविएत संघामध्ये वैरण म्हणून युरियाचा वापर केला जात आहे. गायीच्या रवंथिकेत कार्बामाईडचे जलीय विच्छेदन (पाण्यामुळे



होणारे रासायनिक विघटन) होऊन त्याचे अमोनियात रूपांतर होते व त्यापासून पुढे सूक्ष्मजीवजन्य प्रथिने तयार होतात. रवंथिका मोठ्या आकाराची असल्यामुळे (प्रसंगी १०० लिटर धारणेची) प्रथिनांचे फार मोठ्या प्रमाणात उत्पादन करण्यास मदत होते. एक टन कार्बामाईड वापरले असता जादा ८ ते १० हजार लिटर दूध, १.८ ते २.१ टन मांस किंवा १२० कि. ग्रॅं. लोकर तयार होते.

मात्र कार्बामाईडचा वैरण म्हणून अगदी काळजीपूर्वक वापर केला पाहिजे जास्त प्रमाणात कार्बामाईड वापरले गेल्यास त्यापासून तयार होणारा अमोनिया पूर्णपणे वापरणे सूक्ष्मजीवाना वेळेअभावी शक्य होणार नाही आणि त्याचे मग विषारी परिणाम घडतील. निव्वळ कार्बामाईडच वापरून चालणार नाही, ते वैरणीबरोबर मिसळूनच दिले गेले पाहिजे. कार्बामाईडपासून प्रथिनांचे संश्लेषण करण्यासाठी ऊर्जेची जरूरी असते. वैरणीतील सेल्युलोज, स्टार्च आणि शर्कराद्रव्यांमार्फत ऊर्जेचा पुरवठा केला जातो. याखेरीज,

प्रथिनांच्या संश्लेषणासाठी "अ" व "ड" जीवनसत्त्वे, गंधक, फॉस्फरस, कोबाल्ट आणि इतर खनिजद्रव्यांचीही जरूरी असते.

वैरणीत मिसळण्याचा एक पदार्थ म्हणून युरियाचा होणारा वापर हा काही अचानक प्रचारात आलेला नाही. मानवापेक्षा निसर्गाची दृष्टी दूर भविष्यात पोहोचलेली असते हेच खरे. काही प्राण्याना उजाड, वैराण वाळवंटात रहावे लागणार हे निसर्गाने हेरले होतेच. या प्राण्याना, पाण्याचे आणि अन्नाचे गंभीर दुर्भिक्ष्य नेहमीच जाणवते. यावर मात करण्यासाठी प्रथिनांच्या चयापचय क्रियेमधून तयार होणारे निरुपयोगी उपपदार्थं वापरण्यास हे प्राणी शिकले. उपाशी उंटाच्या वृक्क ऊर्फ मूत्रपिंडातून युरियाचे उत्सर्जन जवळजवळ होत नाही. उंटाच्या शारिरातच तो राहतो व सूक्ष्मजीवनिर्मितीचा जणू कारखानाच असलेल्या पोटात जातो व पुढे त्यापासून प्रथिनांचे संश्लेषण होते.

युरियाचा जादा वापर करणे धोक्याचे असते कारण तो फार विषारी आहे. युरियाच्या वापरावर काळजीपूर्वक आणि सतत निरिक्षण ठेवणे अत्यावश्यक आहे, अन्यथा जनावराना मोठ्या प्रमाणावर विषबाधा होईल. अधिक सुरक्षित असे पर्यायी पदार्थ शोधण्याची आवश्यकताही त्यामुळेच निर्माण होते.

युरियामुळे जनावराना विषबाधा का होते याची कारणे शोधिली गेलीच आहेत. असे दिसून आले आहे की जनावरांच्या रवंथिकेत युरीज नामक वितंचकाचा जो प्रकार असतो त्यामुळे युरियाचे लगेच जलविच्छेदन होते. या प्रक्रियेत निर्माण होणाऱ्या अमोनियामुळे सूक्ष्मजीवांचे कार्य मंदावते आणि ते आपले खाणे बंद करतात. शिवाय, मोठ्या प्रमाणात साठणारा अमोनिया रक्तामध्ये पसरतो आणि त्यामुळे जनावराना विषबाधा होते. हे टाळण्यासाठी युरीजमार्फत युरियाचे जलविच्छेवन तरी थांबविले पाहिजे किंवा सूक्ष्मजीवांची कार्यक्षमता तरी अनेक पटीनी वाढविली पाहिजे.

अलिकडेच सोविएत शास्त्रज्ञानी युरिया फॉस्फेट आणि युरिया ग्लूकोसिल हे प्रथिनाना पर्यायी पदार्थ म्हणून वापरून पाहिले. त्यांच्या मते फॉस्फरसच्या वापरामुळे युरीजची क्रिया तर मंदावतेच शिवाय तयार होणारा अमोनियाही निरूपद्रवी ठरतो. युरिया आणि कार्बोहायड्रेट यांच्या संयोगातून तयार होणाऱ्या युरिया ग्लूकोसिलच्या वापरामुळे सूक्ष्मजीवाना आवश्यक ती ऊर्जा पुरविली जाते. म्हणजेच युरियापासून अस्सल प्रथिनांचे संश्लेषण

करण्यास हातभार लागतो. युरियापेक्षा वरील दोन पदार्थ पुष्कळच सुरक्षित ठरले असून त्यांचा वापर लाभदायीच ठरला आहे.

प्रथिनाना पर्यायी पदार्थ वापरण्याचे आणखी दोन मार्ग आहेत. खुद्द सूक्ष्मजीव शेतावरच वाढवावयाचे आणि ते जनावराना खाण्यास द्यावयाचे हा मार्ग अधिक खर्चिक, गुंतागुंतीचा आणि कमी परिणामकारक खरा पण तो अगदी सुरक्षित आणि इतर जनावरांच्या मानाने अधिक पोषक ठरतो. प्रा. एल. जी. पेत्रोव यानी कार्बामाईडने संमृद्ध असणाऱ्या बटाट्यांवर सूक्ष्मजीव वाढविले व ४८ तासात प्रथिनांच्या प्रमाणात सरासरी तिप्पट वाढ करण्यात यश मिळविले. प्रथिनानी समृद्ध असे हे सूक्ष्मजीवरूपी अन्न, डुकरांसाठी उपयुक्त ठरते.

रवंथिकेतील वैशिष्टचपूर्ण पचनक्रियेमुळे शास्त्रज्ञाना सूक्ष्मजीवांच्या मार्फत होणारे प्रथिनांचे संश्लेषण वापरून वैरणाचे पोषणमूल्य वाढविण्यास उद्युक्त केले गेले. भविष्यकाळात जनावरांचे खाद्य शेतात निर्माण होणार नाही, तर कारखान्यात तयार होईल असे समजण्यास काही हरतक नाही.

अन्न शिजविण्याच्या "भांड्या"चे विविध प्रकार

एकपेशीय जीवांमध्ये अन्न शिजविण्यासाठी "स्वतंत्र 'भांडे'" ऊर्फ पोट नसते. अंतर्ग्रहण झालेले अन्न रिक्तिका नामक भागात जाते व हेच पोटाचे काम करणारे तात्पुरते "भांडे" असते. पचनक्रिया संपताच ते नाहीसे होते.

बहुपेशीय आणि गुंतागुंतीच्या जीवांमध्ये अन्न शिजविण्याची रीत वेगळी आढळते. या पृथ्वीतलावर प्रथमतः अवतरलेले आणि बहुपेशीय असे पॉलिप (Polyp) आणि जेलिफिश (Jelly-fish) हे जीव म्हणजे निव्वळ पोटेच असतात. त्यांच्यामध्ये बाह्यरूपापेक्षा अंतर्गत साम्यच अधिक असून द्विपदरी थैल्याप्रमाणेच ते असतात. हे पदर अर्थातच पेशींपासून तयार झालेले असून या थैलीस अन्न आत घेण्यासाठी व न पचणारे बाहेर टाकण्यासाठी तोंड (छिद्र) असते.

पोटात अन्न गेले की विशेष प्रकारच्या पेशींमार्फत त्यावर पाचकरस सोडला जातो आणि त्यामुळे अन्न "शिजते" अथवा लहान लहान कणात त्याचे रूपांतर होते. नंतर अंतर्थराच्या पेशींमार्फत ते शोषिले जाते व पचन-क्रिया पूर्ण होते. मात्र प्रत्येक पेशीच्या वाट्यास हे चवदार अन्न येईलच असे नाही. तथापि पोटभर जेवणाऱ्या पेशी काही स्वार्थी नसतात. इतर भुकेल्या पेशीना अन्न देण्यास त्या तयार असतात. पेशी एकमेकाना कायमच्या जुळलेल्या नसून त्यांची जागा सतत बदलती असते. यामुळेही भुकेल्या पेशी "तृप्त"पेशीना दूर सारून त्यांची जागा घेतात.

जीवमात्रांचा जसजसा विकास होत गेला तसतशी याबाबतची गुंतागुंत वाढत गेली. अन्नपचनाची क्रिया परिपूर्ण होत गेली पण शरिरातील प्रत्येक पेशीस पोषकद्रव्ये पोहोचविणे ही खरी समस्या उभी राहिली. सुरुवातीस हे काम पचनसंस्थेने स्वीकारले, म्हणजेच प्रत्येक पेशीपर्यंत ते पोहोचविण्याची धडपड आतडी करू लागले.

यातूनच टर्बेलारिया (Turbellaria) नामक जीव (कृमी) अस्तित्वात आले. त्यांची आतडी एखाद्या विस्तृत पसरलेल्या झाडाप्रमाणे असून त्याभोवती शरिराची वाढ होते. या आतड्यांमार्फत शरिरातील साऱ्या पेशींचे पोषण होते. तथापि, एकूण शरिरापैकी चार-पंचमांश भाग केवळ "पुरवठा खात्या"चा असणे हा प्रकार बोजडच ठरला. शेवटी निसर्गाने ही पद्धत त्याज्य ठरविली आणि पचनसंस्था आणि पुरवठाविभाग पुढे स्वतंत्र केले.

विरोधाभास हे निसर्गाचे एक मोठे वैशिष्टचच म्हणावे लागेल. एकिकडे पचनासाठी भलेमोठे अवयव निसर्ग निर्माण करीत होता आणि त्याचवेळी त्या अवयवाला पूर्णतः वगळता येईल काय याबाबत त्याचे प्रयोग चालू होते. खरेच, पोट किंवा पचनसंस्था कशासाठी हवी? अन्न योग्य त्या वितंचकाच्या सहाय्याने ओले करणे, ते पचनयोग्य होण्यासाठी थोडेसे थांबणे आणि अखेर तयार होणारी पोषक द्रव्ये शोषण्याचीच काय ती सोय करणे हे अधिक सोपे नव्हे काय?

अशी सोय असणाऱ्या व वर उल्लेखिलेल्या टर्बेलारिया वर्गात आतडी नसणारे छोटे प्राणी अंतर्भूत आहेत. ग्रसिका ऊर्फ घसा हेच काय ते त्यांचे संपूर्ण पचनेंद्रिय याच ठिकाणी भक्ष्यावर पाचक रस टाकले जातात व त्यायोगे अर्धवट पचलेले अन्न शोषिले जाते. बाह्यावरणाविरहित आणि एकमेकांपासून सुटे नसलेल्या अशा पॅरेंचिमा (parenchymatoum) नामक पेशीसमुहावर ग्रसिकेचे स्थान असते. या प्राण्यांचा आकार फारच लहान असल्यामुळे उर्वरित पेशी जगू शकतात.

शरिराच्या बाहेरच पचनाचे बरेचसे काम व्हावे ही कल्पना फारच चांगली ठरली. कीटकांच्या आळ्या हा मार्ग पुष्कळदा अनुसरतात. इतर प्राण्यांच्या किंवा वनस्पतीच्या पेशींवर त्यांचे जीवन अवलंबून असते. परंतु त्यांचे तोंड (जबडा) फारच कमजोर असते. यातून मार्ग म्हणून या आळ्या पाचक रस सभोवतालच्या पेशींवर टाकतात आणि त्यायोगे "शिजून" मृदू झालेले अन्न खात खात पुढे सरकतात.

पूर्ण वाढीचे कीटकही हा मार्ग अनुसरतात. ते आपली कट्यार वजा सोंड पानांमध्ये किंवा झाडाच्या इतर भागात खुपसून तेथे पाचक वितंचकांचा फवारा उडवितात. त्यामुळे पेशीमय रचना विस्कळित होते आणि स्टार्च व पॉलिसॅकाराईड वर्गीय द्रव्यांचे जलीय विच्छेदन होऊन त्यांचे मोनोसॅक-राईड संयुगात रूपांतर होते. अशा प्रकारे उत्तमरीत्या "शिजलेल्या" अन्नावर कीटक आवडीने ताव मारतात. कीटकाना जर "मांसाहारी" अन्नच हवे असेल तर ते आपली सोंड एखाद्या भाऊबंदाच्याच शरिरात खुपसतात आणि कातडीखाली वितंचकाचा फवारा सोडतात.

मोठ्या प्राण्यांच्या बाबतीतही शरिराच्या बाहेर अन्न शिजविण्याची पद्धती सोयीस्कर ठरली आहे. तारामीन ऊर्फ स्टारफिश हा गजातील साऱ्या समुद्रात आढळतो. कालव ऊर्फ शिंपल्यातील प्राणी हे त्याचे आवडते खाद्य होय. कालवांच्या विस्तृत वसाहतींचा हे स्टारफिश अगदी धुव्वा उडवतात. बेढब आणि सुस्त प्रवृत्तीचा हा प्राणी, कालव खाण्यासाठी त्याचे घट्टपणे बंद असणारे शिंपले उघडतो तरी कसा हे गूढ काही उकलत नव्हते. अलिकडेच स्टारफिशच्या एकंदर सवयींचा अभ्यास केला गेला. असे निष्पन्न झाले की शिंपले उघडण्याच्या फंदात स्टारफिश कधीच पडत नाही तर, आपल्या पोटाचा अंतर्भाग बाहेर काढून कालवाचा शिंपला आपणहून केव्हा उघडतो याची वाट पाहत बसतो. शिंपला उघडून अगदी एक मिलिमिटर रूंदीची जरी फट निर्माण झाली की स्टारफिश लगेच आपल्या पोटाचा भाग त्या फटीत सरकवितो. मग मात्र त्याला कोणीच थांबवू शकत नाही. जेव्हा कालव मरते तेव्हा शिंपला आपोआपच उघडतो आणि स्टारफिश तो अगदी पूर्णपणे साफ करतो.

काही आधुनिक प्राणी स्वगृही अन्न शिजवत नाहीत तर एखाद्या स्वस्त "उपहारगृहातील" जेवण पसंत करतात. हा प्रकार हेलिमंथ नामक आतड्यातील पराजीवी कृमींच्या बाबतीत घडतो. या धोकादायक कृमींमध्ये पोट नावाचा अवयवच नसतो. त्यांच्या पूर्वजाना पोट निश्चित होते पण ती कटकट नको अशा भूमिकेतून त्यांचा जीवनक्रम होत गेला असावा. माणसांच्या किंवा प्राण्यांच्या आतड्यात त्यांचे वास्तव्य असते आणि आपल्या कातडीमार्फत ते यजमानाने तयार केलेले अन्न शोषून घेतात.

तथापि, असे आयुष्य अंगवळणी पडणे सोपे नाही. दुसऱ्यांच्या आतड्यात रहावयाचे म्हणजे प्राणवायूच्या आभावाची सवय झाली पाहिजे आणि यजमानाच्या पोटात तयार होणाऱ्या तीव्र पाचकरसांपासून संरक्षण तर करेलच, पण अन्न शोषून घेण्यात अडथळा आणणार नाही अशा प्रकारच्या उपत्वचेचा बाह्यथर असणे जरूरी आहे.

आंतड्यातील ह्या कृमी अत्यंत आळशी असतात असे मात्र मुळीच म्हणता येणार नाही. काही झाले तरी त्याना शोषणाचे तरी काम हे करावेच लागते. समुद्राच्या तळाशी आणि अंधारात राहणारे अँजलर फिश (Angler fish) नामक मासे हे आळशी प्राण्याचे सर्वोत्तम उदाहरण म्हणता येईल. या जातीचे नर आणि मादी एकमेकांशी अजिबात मिळतेजुळते नसल्यामुळे बऱ्याच काळापर्यंत त्यांच्या दोन वेगवेगळ्या जाती समजल्या गेल्या. मादीपेक्षा नर फारच लहान आकाराचे असून मादीच्या डोक्यावर जसा शिंगासारखा अवयव असतो तरा नराच्या डोक्यावर नसतो. नर वयात आले की ते मैत्रीण अथवा "गर्लफ्रेंड" शोधू लागतात. भावी सहचारीणीच्या प्रेमामुळे त्यांची भूक नाहीशी होते व ते काहीही खात नाहीत. शरिरातील मेद त्यामुळे खर्च होऊ लागतो आणि तो संपावयाच्या आत जर एखाद्या मादीशी गाठ पडली तर ठीक, अन्यथा ते मृत पावतात.

अँजलर फिश हे मासे संख्येने थोडे आणि बऱ्याच अंशी एकांतात रहात असल्यामुळे प्रत्येकास मादी मिळणे दुरापास्तच असते. साहजिकच, मादी दिसली रे दिसली की नर तिला चिकटतोच, म्हणजेच मादीच्या कुठल्यातरी मृदू भागात आपले दात रोवतो आणि कायमचा लोंबकळत राहतो पण मादीस सोडत नाही. जसजसे दिवस जातात तसतसे ते दोघेही एकरूप होत जातात. या क्रियेत उभयतांचे पेशीभिन्नत्व आड येत नाही. हळूहळू नराची संवेदन-संस्था नाहीशी होते, एकेक अवयव झडत जातात, पोटही गळून पडते,

मूळ शरिरापैकी वृषणे काय ती कार्यवत राहतात. लटकलेल्या नरास मादीमार्फतच आवश्यक प्राणवायूचा आणि पोषकद्रव्यांचा पुरवठा होत राहतो. आहे की नाही खराखुरा आळशांचा राजा? अन्नाचा शोध नको, ते खाणे व पचविणे नको, फक्त शरीरभर अन्नरसाचे समान वाटप करणे एवढेच काय ते काम.

स्वतःच्या शरिराबाहेरची ही अशी पचनक्रिया असण्यामुळे काही कुतुहलजनक प्रकार निर्माण झाले आहेत. चांगली विकसित पचनेंद्रिये असणारे प्राणी जर या मार्गाने जात असतील तर मग निरूपयोगी ठरणाऱ्या या इंद्रियांचे भवितव्य काय असा प्रश्न साहजिकच उभा राहतो. निसर्गाला हा असा उधळेपणा पसंत नाही हे लक्षात घेता निरूपयोगी ठरणारे अवयव एक तर नाहीसे होतात किंवा दुसरी कामे करण्यात तरबेज होतात. नेमका हाच प्रकार मर्मिथाईड (Mermithidae) नामक लहान आकाराच्या पराजीवी कृमींमध्ये आढळतो.

मर्मिथाईड कृमींच्या पचनक्रियेच्या चमत्कारिक वैशिष्टयांकडे सर्वप्रथम हन्स माईस्नेर या जर्मन शास्त्रज्ञाचे लक्ष वेधले गेले. त्याने पाहिले की या कृमीच्या आळ्यांची ग्रसिका अतिशय अरुंद तर आहेच पण ती स्नायू विरहीत आहे. त्यांचे पोषण द्रवरूप अन्नावर जरी होत असले तरी एवढ्या दुर्बळ ग्रसिकेमार्फत द्रव शोषण्याचे कार्य होणे केवळ अशक्य. माईस्नेरच्या एका सहकाऱ्याने असे सुचविले की केशाकर्षण क्रियेने द्रवरूप अन्न ग्रसिकेत ओढले जात असावे, कृमीनी फक्त आपले तोंड उघडे ठेवले म्हणजे झाले.

तथापि निव्वळ भौतिकी कार्यकारणभाव मईस्नेरला पटणारा नव्हता म्हणून केशाकर्षण क्रियेवर त्याचा विश्वास बसेना. सूक्ष्मदर्शकाच्या सहाय्याने चाललेला आपला अभ्यास त्याने पुढे चालूच ठेवला आणि अखेर त्याचे फळ त्याला मिळाले. या अभ्यासात अगदी अचानकपणे त्याला दिसून आले की या आळ्यांच्या ग्रसिकेचे एक तोंड बंदच असते शिवाय ते आतड्यांशी संबंधितही नसते. ह्या आतड्याना सुद्धा अन्न आत व बाहेर टाकणारे मार्ग नसतात. हे कृमी उदरनिर्वाह कोणत्या प्रकारे करतात हे कोडे मात्र माईस्नेरला खूप प्रयत्नांतीसुद्धा सोडवता आले नाही.

हे गूढ उकलण्यात शास्त्रज्ञाना अलिकडेच यश मिळाले. या कृमींच्या पचनक्रियेचे कार्य त्यांच्या शरिराबाहेर होते. त्यांच्या ग्रसिकेत अन्नप्रवेश होऊच शकत नाही. याउलट, ग्रसिकेभोवतालच्या पेशींमधून जे पाचकरस

बाहेर पडतात ते हळूहळू ग्रसिकेत पाझरतात व नंतर बाहेर पडतात. त्यामध्ये, कृमींच्या शरिरातून बाहेर पडणारी आणि बाह्यावरणातील खास मार्गाने वाहणारी वितंचके मिसळली जातात. ज्या प्राण्यांच्या शरिरात हे कृमी राहतात त्यांच्या पेशी या पाचकरसाने पचनक्षम होतात आणि हे तयार, शिजविलेले अन्न कृमींच्या बाह्यावरणामार्फत सरळ शोषिले जाते आणि मग रक्तामार्फत सर्व शरीरभर पोहोचवले जाते. जर असे असेल तर या कृतींमध्ये आतड्यांच्या अस्तित्वाची गरजच काय?

असे आढळून येते की रक्तात मिसळले जाणारे अन्न पूर्णपणे शरिराच्या वाढीसाठी व इतर गोष्टींसाठी वापरले जात नाही. त्याचा बहूतांश भाग रक्ताकडून आतड्यात जातो व तेथे तो प्रथिने आणि मेदकणांच्या रूपात साठविला जातो म्हणजेच आंतड्यांचा उपयोग कोठाराप्रमाणे साठवणीची जागा म्हणून केला जातो. पूर्ण वाढीचे कृमी पुढे अन्नग्रहण न करता लैंगिक उत्पादनार्थ आणि ऊर्जा निर्मिती वर साठविलेले साहित्य खर्च करतात. असा अन्नसाठा नसेल तर हे कृमी पुनरूत्पादनाचे कार्य करूच शकत नाहीत.

प्रगत प्राण्यांमध्येही आपल्या पोटाचा उपयोग दुसऱ्याच कामासाठी करण्याची उदाहरणे विरळ म्हणता येत नाहीत. सर्व सस्तन प्राण्यांमध्ये त्यांच्या एकूण पचनसंस्थेची सुरुवात तोंडाच्या पोकळीपासून होते. नंतर पोटापर्यंत अन्ननलिकेचा मार्ग व त्यानंतर ग्रहणी (duodenum) रिक्तांत्र (jejunum), शेषांत्र (ileum), अंधनाल (caecum), बृहदांत्र (colon) इंग्रजी "एस्" आकाराचे आंत्र ऊर्फ आतडे आणि गुदात्र ऊर्फ मलाशय (rectum) असे क्रमवार भाग असतात. माणसाच्या शरिरात त्यांची लांबी ८.५ मीटर्सपर्यंत असते तर शाकाहारी प्राण्यांच्या बाबतीत ती अधिक भरते. या नळीचा ५० ते ७० सें. मी. लांबीचा तुकडा कुठेही कापून टाकला तरी पचनक्रियेवर त्यामुळे कोणताच हानीकारक परिणाम होत नाही. याला अपवाद म्हणजे ग्रहणीचा सुरुवातीचा २५ ते ३० सें. मी. लांबीचा भाग हा असून कोणत्याही परिस्थितीत त्यास धक्का लागणे इष्ट नसते. ग्रहणी काढून टाकल्यास सुरुवातीचे क्लेशदायक दिवस जरी तग धरली तरी प्राणी तीनएक महिन्यात मरण पावतातच. त्यांच्या तपमानात चांगलीच घट आढळते व कधीकधी ते ४ अंशाने कमी झाल्याचे दिसते. त्यांची भूक कमीकमी होत जाते, अंग वाळू लागते, दुसऱ्या किंवा तिसऱ्या महिन्यात ६० टक्के वजन कमी होते आणि अखेर मृत्यू होतो.

हे असे का व्हावे याचा उलगडा शास्त्रज्ञाना अद्यापी झालेला नाही. या संबंधी दोन कारणे सांगितली जातात. एक तर, ग्रहणीच्या अभावामुळे पचनक्रिया विस्कळित होत असावी. किंवा, पचनक्रियेखेरीज शरिरास आवश्यक असे दुसरे एखादे कार्य ग्रहणीमार्फत होत असावे. या दुसऱ्या तर्कास निरिक्षणात्मक पुष्टी मिळते. ग्रहणी पूर्णपणे काढून न टाकता तिचा ३ किंवा ४ सें. मी. भाग शिल्लक ठेवला तर प्राणी मरत नाही. म्हणजेच, ग्रहणीचा पूर्ण अभावच मृत्यूस कारणीभूत ठरतो. ग्रहणी न काढता, पण ग्रहणी टाळून उर्वरित भागांमधून अन्न जाऊ दिले तरी ही चालू शकते. असा प्रयोग केलेले प्राणी चांगले जगतात. म्हणजेच ग्रहणीमार्फत इतर काही कामे जरूर होत असली पाहिजेत. ग्रहणी म्हणजे एक अंतःस्रावी ग्रंथी असावी व तीमधून रक्तात काही महत्त्वाची संयुगे पाझरत असावीत असा अंदाज आहे, ही संयुगे कोणती ते आपणास अद्यापीही ठाऊक नाही.

नुडिब्रँचिएट मोलस्क (Nubibranchiate mollusks) वर्गातील मृदुकाय प्राण्यांच्या यकृतामार्फत स्वसंरक्षणाचे जे काम केले जाते ते फारच मनोरंजक आहे त्यांच्या शरिरातील मोठ्या आकाराच्या यकृतातून जाणारे मार्ग सर्व शरीरभर पसरलेले असून ते पोटात आणि पाठीवरही उघडलेले असतात त्यामधूनच हे प्राणी शत्रूवर बोचक विषारी काटे फेकतात. आश्चर्याची गोष्ट ही की हे काटे या प्राण्यांमध्ये नैसर्गिकरीत्या निर्माण झालेले नसून 'उसने' घेतलेले असतात. ज्या हायड्रोझोअन पॉलिपवर (Aydrozoan polyps) हे मृदुकाय प्राणी उदरनिर्वाह करतात त्यांच्यामध्ये हे काटे असतात. त्यांचे पचन या मृदुकाय प्राण्यांच्या पोटात होऊ शकत नाही. शेवटी ते यकृतात शिरतात. व तेथून संरक्षणार्थ शत्रूवर फेकले जातात. भक्ष्याचे शस्त्र याप्रमाणे भक्षकाची मालमत्ता बनते.

शीर्षपाद (Cephalophora) वर्गातील प्राण्यांची संरक्षण पद्धती फारच विलक्षण म्हटली पाहिजे. या वर्गातील माखली (कटलफिश ऊर्फ सोयेपया) आणि माकले (ऑक्टोपस व्हल्गॅरिस) यांच्या गुदद्वारापाशी उघडणारी एक ग्रंथी असून तीमधून काळ्या शाईसारखा द्रव बाहेर फेकला जातो. सभोवतालचे पाणी गढूळ होण्यास या द्रावाचे काही थेंब पुरेसे असतात शत्रू जवळ आला असता अशा प्रकारे भोवतालचे पाणी गढूळ करून त्यास गोंधळात टाकले जाते तोपर्यंत हे प्राणी खोलवर निसटून जातात. काही मृदुकाय प्राणी याप्रमाणे जी शाई बाहेर फेकतात ती पाण्यात न विरघळता

त्या प्राण्याच्या आकारात नुसती पसरते. शत्रूपुढे अशा प्रकारे आपली कृत्रिम छबी ठेवून त्यास चकविले जाते व तेवढ्यात सुरक्षित जागी पळ काढला जातो.

पोगोनोफोरा (Pogonophora) नामक आश्चर्यजनक प्राण्यांबद्दल थोडेसे विवरण केल्याशिवाय या भागाचा शेवट करता येणार नाही. समुद्रात खोलवर राहणाऱ्या या लांबलचक पण बारीक आकारांच्या कृमीच्या अस्तित्वावर ए. व्ही. इवानोव या सोविएत प्राणीशास्त्रज्ञाने प्रकाश टाकला. त्यांच्या डोक्याच्या शेवटी एक ते दोनशे वीसपर्यंत स्पर्शिका असून अनेकदा त्या वेटोळ्याच्या किंवा नळीच्या रूपात गुंफलेल्या असतात. स्वतःच बांधलेल्या लांब नलिकासदृश घरात हे पोगोनोफोरा राहतात. मज्जासंस्था आणि अंतर्गत रक्ताभिसरण असणारे हे प्राणी बरेचसे प्रगत आहेत खरे पण ते पचनसंस्थाविरहित आहेत. त्याखेरीज हे प्राणी कसे काय जीवन कंठतात हे अद्यापी कोणालाही ठाऊक नाही. इवानोव यांच्या मते त्यांची पचनक्रिया बाह्य स्वरूपाची असावी. भक्ष्य हाती येताच त्यास स्पर्शिकांमध्ये पकडून स्वतःच्या नलिकारूपी घरात नेले जाते. त्याच्याभोवती तात्पुरते पोट निर्माण करून, स्पर्शिकातून पाचकरस टाकले जातात आणि पचलेले अन्न स्पर्शिकांमार्फतच शोषिले जाते. हे स्पष्टिकरण प्रत्यक्ष परिस्थितीशी कितपत मिळतेजुळते असेल ते सांगता येत नाही. एवढे खरे की या पोगोनोफोरांची पचनक्रिया ही निसर्गातील आणखी एक नवलाई आहे.

अन्न-उद्योग

हिवाळ्याची चाहूल लागते ती लहान होत जाणाऱ्या दिवसांमुळे आणि सकाळी पडणाऱ्या दाट धुक्यामुळे. शेतात कापणी झालेली असते आणि अन्नधान्य साठवणीस सुरुवात होते. रानावनातील प्राणीही भावी कालासाठी पुरेसा अन्न साठा करण्यात गर्क असतात. अशा साठ्याखेरीज हिवाळा कंठणे त्याना शक्यच नसते. यामुळेच प्राणीवर्ग साठा करण्याच्या कलेत उत्तम प्रकारे तरबेज आढळतात. रात्र पडली आणि शांतता पसरली की उंदीर, रानातले कोल्हे, हॅमस्टर इत्यादी प्राणी आपल्या बिळांमधून सावधपणे बाहेर पडून आपली भुयारी घरं उत्तम प्रतीच्या अन्नधान्याने भरण्याचे काम करू लागतात. हिवाळा सुरू होईपर्यंत प्रत्येक हॅमस्टरच्या बिळात व्यवस्थितपणे

साठविलेले तीन ते चार किलो धान्य आढळेल. हिवाळा सुरू होऊन बर्फ पडू लागला की या प्राण्याना बाहेर पडता येत नाही व तशी जरूरीही नसते. जमिनीखालच्या उबदार घरात ते सुखाने व सुरक्षितपणे उदरनिर्वाह करीत असतात.

शेती परिसरांतील प्राण्यांप्रमाणेच रानावनात राहणारे छोटेमोठे प्राणीही या कामात मागे पडत नाहीत. झाडांच्या जाडसर फांदीवर आळंबी ऊर्फ भूछत्रे ओळीने वाळत टाकलेली आढळतील. भूछत्रे गोळा करून ती वाळत टाकणारा हा कोणता प्राणी असावा? खारीखेरीज दुसरा कोणता खोडकर प्राणी असणार! रानात भिरभिर फिरून पिकलेली कवचयुक्तफळे खारी गोळा करतात व झाडाच्या पोकळीत (ढोलीत) साठवितात किंवा फांद्यांवर भूछत्रे वाळवितात. हिवाळ्यासाठी ती उपयोगी पडावीत हाच त्यामागे हेतू असतो. छोट्या चिप्मंक प्राण्यास देवदार वृक्षाची फळे व बिया साठवून ठेवण्याचा भारी छंद. पण प्रत्येकासच ती हवीशी वाटतात. अनेकांचा डोळा या साठ्यावर असतो. झाडांवर चढणारे अस्वल तो साठा शोधून काढते आणि त्यावर ताव मारते. नेमका याचवेळी साठ्याचा मालक आलाच तर त्यालाही गट्ट केले जाते.

अल्ताई पर्वतांच्या भागात एक विशिष्ठ जातीचे कसदार गवत उगवते. हिवाळा येण्यापूर्वी या गवताचे पद्धतशीरपणे भारे रचलेले आढळतील. त्यासाठी चांगल्या कसदार आणि चवदार गवताचीच निवड केल्याचे दिसेल. क्रीपर नामक उंदीरघुशींच्या जातीतील प्राण्याची हिवाळ्याची ही बेगमी असते. गवताचा उत्तम भाग ते तोडतात, जमिनीवर वाळत टाकतात आणि नंतर त्याचा गठ्ठा करतात. हा साठा असल्यावर हिवाळ्याची चिंता उरत नाही.

हिवाळा सुरू होण्यापूर्वी मधमाशांचा मध साठविण्याचा उद्योग सुरू होतो. सूर्य उगवल्यावर हवेत उबदारपणा आला की मधमाशा फुलाफुलातील हे "अमृत" गोळा करण्यास बाहेर पडतात. मात्र त्यापासून मध तयार करणे ही सोपी गोष्ट नव्हे.

फुलाफुलातून गोळा केलेल्या "कच्च्या" मधात ४० ते ६० टक्के पाणी असते. मधमाशांचे पहिले काम म्हणजे कच्चा मध "उकळवून" पाण्याचे हे प्रमाण २० टक्क्यांवर आणणे. मधमाशांच्या एका कुटुंबामार्फत एका हंगामात १५०-२५० कि. ग्रॅ. मध गोळा होणे शक्य असते. म्हणजेच १८०-३५० लिटर पाणी आटविणे जरूरी असते. हवा ऊष्ण असेल तर हे काम

आपोआप होते परंतु थंडीत मात्र मधमाशानाच त्याबाबत काही तरी हाल-चाल करणे भाग असते. यासाठी पोळया भोवती त्या दाटीवाटीने एकमेकास खेटुन राहतात आणि त्यांच्या अंगच्या उबेने पाणी आटविणे साधले जाते.

जेव्हा मध तयार होतो तेव्हा तो पोळयांच्या खास कप्प्यात ठेवला जातो आणि कप्पा "सीलबंद" करण्यात येतो. तर मध योग्य प्रकारे तयार झाला असेल तर तो नासत नाही किंवा त्यावर बुरशी धरत नाही. तसेच त्यातील साखरही वेगळी होत नाही.

मध वर्षानुवर्षे कोणत्या कारणांमुळे टिकतो याची शास्त्रज्ञाना अद्यापीही स्पष्ट कल्पना नाही. कोणताही अन्नप्रकार तसेच हवाबंद मुरंबे देखील खराब होतात ते त्यात निर्माण होणाऱ्या सूक्ष्म जतंमुळे. म्हणूनच, असे पदार्थ दीर्घकाल उकळवून जंतंची निर्मिती रोखली जाते. शिवाय डबे हवाबंदही केले जातात. मधमाशा मात्र त्यांचा मध उकळविण्याच्या फंदात पडत नसूनही तो टिकावू बनवितात. प्रत्यक्ष मधात सूक्ष्मजंतुनाशक द्रव्य असण्याची शक्यता आहे. यामुळेच की काय, प्राचीन काळापासून जखम बरी करण्या-साठी मधाचा वापर प्रचलित झाला असावा.

मधमाशांच्या या मधूर साठ्यावर अनेकांचा डोळा असतो. त्यांच्यापासून साठ्याचे रक्षण करणे हे मोठे अवघड काम मधमाशांपुढे असते. पोळयाच्या तोंडाशी जे "शिपाई" असतात ते कधीच डुलकी न घेणारे असून संशय यावयाचाच अवकाश, हे शिपाई तत्क्षणीच स्वतःच्या जीवाची पर्वा न करता शंत्रूवर तुटून पडतात. एखाद्या मधमाशीचा काटा तुटल्याचा वास म्हणजे युद्धाची नांदीच! शेकडो मधमाशा तात्काळ शत्रूवर धावतात व त्यांपासून संरक्षण करणे अशक्यच! मध लुटण्यास चटावलेले अस्वलही पळ काढते. तथापि मधावर ताव मारण्याची संधी केव्हा येईल याची अनेक प्राणी रात्रं-दिवस वाट पाहत असतात. त्यासाठी काही प्राणी जिवावर उदार होऊन अविचारीपणा करतात तर काही लबाडी, युक्त्या प्रत्युक्त्या योजतात. अगदी लहान कीटक मात्र या कामी बहधा यशस्वी ठरतात.

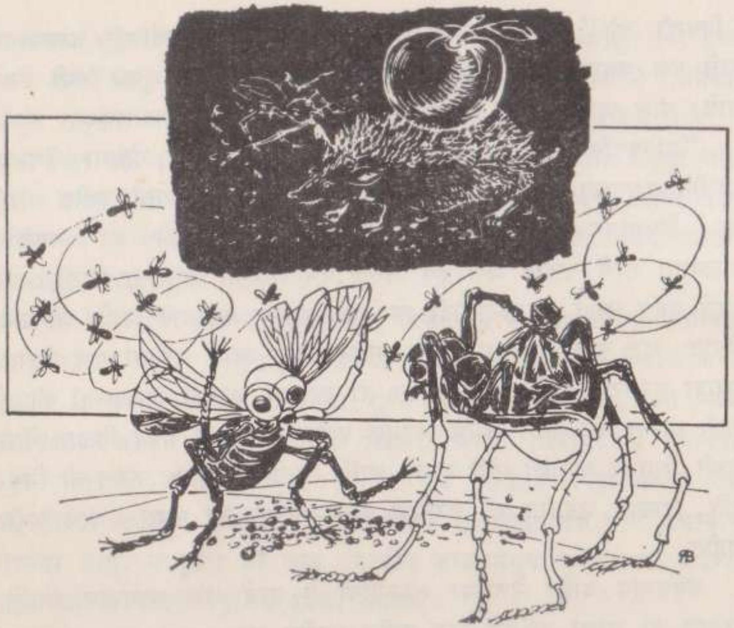
निरनिराळी रासायनिक द्रव्ये वापरून माणूस कीटकांशी मुकाबला करीत असतो. नॅप्थॅलिन, डीडीटी, क्लोरिन व फॉस्फरसयुक्त संयुगे ही त्यापैकी काही होत. मधमाशानी मात्र या शोधांच्या हजारो वर्षांपूर्वीच संरक्षक द्रव्ये शोधली आहेत. निसर्गात विषारी गुणधर्माच्या अनेक वनस्पती असून मधमा-शाना त्यांची चांगल्या प्रकारे माहिती असते. त्यापैकी काहींमधून त्या

"विषारी मध" गोळा करतात. ही गोष्ट मधमाशांबाबतीतही प्राणघातक ठरते पण मधात त्याचे प्रमाण धोकादायक प्रमाणापेक्षा खूपच कमी ठेवले जाते, मात्र त्यावर डल्ला मारणारे इतर प्राणी निश्चितच मरतात.

"इक्निमॉन नामक माशी (Ichneumon fly) मोठ्या वेगळया पद्धतीने अन्नसाठा करते. खरे पाहता ती स्वतःसाठी अन्नसाठा करीत नाही तर तिच्यावर अवलंबून असणाऱ्या भावी प्रजेसाठी या माशीच्य आळयाना ताजे सजीव अन्न हवे असते पण त्यांच्या आयाना काळजी घेत बसणे पसंत नसते. आळयांसाठी त्या अन्न आणून टाकतात आणि मोकळया होतात. घर म्हणून खोलसर बीळ तयार करून त्यात आळया वाढू देतात. एखादा सुरवंट, कोळी किंवा बीटल वा त्यांच्या आळया आढळल्या की ही माशी त्याना दंश करते आणि त्यामुळे बधीर झालेले हे भक्ष्य बिळात नेऊन टाकते, त्यावर आणखी अंडी घालते आणि बिळाचे तोंड बंद करून ती निघून जाते. आळया जगतील की मरतील याचा विचार या माशा कधीच करीत नाहीत.

अंड्यातून बाहेर येणाऱ्या आळयाना हे ताजे अन्न खावयास मिळते. भक्ष्यास या माशा पूर्णपणे ठार करीत नाहीत तर त्यावर हल्ला करताना भक्ष्याच्या मज्जासंस्थेच्या गॅंग्लिया नामक भागापर्यंत आपली नांगी खुपसून दंश करतात. हा दंश म्हणजे विषाचा थेंब सोडणे होय. त्यामुळे भक्ष्य बेहोष होते. भक्ष्यास विषारी नांग्या असतील तर या नांग्यांवर नियंत्रण असणाऱ्या मज्जातंतुस गॅंग्लियासच नेमका दंश करून नांग्या लुळ्या करतात त्यानंतर त्याच्या छातीत आणखी एक दंश करून संपूर्ण भक्ष्य लुळेपांगळे झाल्यावर ते आळयांसाठी बिळात नेले जाते. हे सारे काम धाडसाचेच असते आणि मादीच बहुधा हे धाडस करताना आढळते. त्यांच्यात लबाडीही चालते. एखादी माशी अशा प्रकारे भक्ष्याला बधिर करून योग्य असे बीळ शोधित राहते. तेवढ्यात भक्ष्य दुसऱ्या माशीमार्फत पळविले जाते!

आळयाना हा अन्नसाठा भरपूर असतो. भक्ष्याच्या अशा भागावर मादी अंडी घालते की त्यातून येणाऱ्या आळयांनी तो भाग जरी खाल्ला तरी भक्ष्य मृत पावत नाही. भक्ष्याचा निम्म्याहून अधिक भाग जरी खाल्ला गेला तरी ते सजीव राहू शकते. हा अन्नसाठा चांगलाच टिकतो. तो उत्तम दर्जाचा तर खराच पण आपल्या डबाबंद पदार्थांपेक्षाही अधिक पोषक म्हटला पाहिजे.



गुल्मकीटकाच्या (Galle midge) आळयानी साठविलेले अन्न म्हणजे फारच वैचित्र्यपूर्ण प्रकार आहे. आईबाप आणि मुले यांच्यातील हे नाते म्हणजे निःस्वार्थीपणाचे अजोड उदाहरणच म्हटले पाहिजे. कारण मादी अन्न म्हणून खुद्द स्वतःचे शरीरच आळयाना देऊ करते.

हे कीटक पुढीलप्रमाणे जीवन व्यतित करतात. वसंत ऋतूतील अंड्यातून आळया बाहेर पडतात. या आळयांपासून पुढे पूर्ण वाढीचे कीटक मुळीच तयार होत नाहीत तरीसुद्धा ते पुढील पिढीस जन्म देतात. या आळया अंडी घालत नाहीत तर मादीच्या पोटात राहून तिथेच वाढतात. जेव्हा ८ ते १३ मादी आळया याप्रमाणे पूर्णपणे वाढतात तेव्हा त्या ज्या आईच्या पोटात असतात तिलाच आतून खाण्यास सुरुवात करतात. आणि मग उरते ते केवळ आईचे टरफल! या आळयाना दुष्ट किंवा कृतघ्न म्हणता येणार नाही कारण त्यांच्याही पोटात अशा आळया असतातच आणि त्यामार्फत त्यांचा फडशा पाडला जाणार असतोच. फक्त शरद ऋतूतील पिढी मात्र यास अपवाद असून त्यापैकी मादी-आळया स्वतःच्या मुलींकडून खाल्ल्या जात नाहीत. ही पिढी

मात्र आळी, कोष व नंतर पूर्ण वाढीची माशी या सर्व टप्प्यातून पार पडते. त्यांच्यामार्फत वसंत ऋतूत पुन्हा अंडी घातली जातात आणि वरील जीवन-चक्राची पुनरावृत्ती सुरू होते.

निसर्गातील "आरोग्यदायक" भांडारे

दुकानांमध्ये मुलांसाठी आणि आजारातून उठलेल्या माणसांसाठी तयार केलेले खास अन्नपदार्थ विक्रीसाठी ठेवलेले आढळतात. लहान मुलांची आणि अशक्त माणसांची पचनशक्ती कमकुवत असल्यामुळे असे खास अन्नपदार्थ त्याना देणे जरूरी असते. त्यांचे अन्न वेगळ्या प्रकारे शिजविले जाते. प्राणि-जगतातही हा प्रकार आढळतो. आपल्या अवतीभवती आढळणाऱ्या चिमणी-चेच उदाहरण घ्या ना! चिमणी वस्तुतः धान्य खाणारी पण जेव्हा आपल्या पिलाना भरविण्याची वेळ येते तेव्हा कपाळी आठ्या घालून का होईना, ती पिलांसाठी आळया, कृमी वा इतर कीटक पकडून त्याना खाऊ घालतेच ना!

अर्भकाचे पोट कुठल्याही प्रकारचे अन्न पचवू शकणार नाही अशी वस्तु-स्थिती असेल तर निसर्गाने त्यावर काढलेला मार्ग आहेच. उदाहरणार्थ कोल्ह्यांची पिल्ले मांस पचवू शकत नाहीत कारण मांस पचण्यास जरूर ती वितंचके यांच्या पोटात नसतात. पण त्याची आईबापाना फारशी काळजी असतेच असे नाही. ते भक्ष्य गिळतात आणि त्यावर पोटातल्या अन्नरसांची पुरेशी प्रक्रिया झाली की ओकून टाकतात, व पिलाना खावयास देतात. म्हणजेच पिलाना पुष्कळसे "शिजलेले" तयार अन्नही मिळते तसेच पुढील पचनक्रिया पूर्ण होण्यास जरूर ते पाचकरसही त्याबरोबरच उपलब्ध होतात हा मार्ग इतरही प्राणी अनुसरू शकतात, पण सर्वच तसे करीत नाहीत. कारण पूर्ण वाढीच्या मातापित्याना जे अन्न चालते त्यामध्ये पिलांच्या वाढीस जरूर असणारी पोषकद्रव्ये असतीलच असे नाही. प्रत्येक जातीच्या प्राण्यांच्या पिलांसाठी खास त्यांचेच असे वेगवेगळे बालान्न मातापित्यांमार्फत उपलब्ध असते ते याच कारणामुळे.

बालकांचे अन्न अनेक गरजा पूर्ण करणारे असावे लागते. परिपूर्ण वाढ आणि विकास होण्यास आवश्यक ते सारे घटक त्यामध्ये हवेत. ही गरज पुरविणे सोपे नसते. म्हणूनच कल्पक निसर्गासही त्याबाबतीत हार खावी लागली.

खूप कालावधीनंतर निसर्गाने हा प्रश्न सोडवला खरा पण तो फार वेगळ्या प्रकारे. बाल-अन्न जसेच्या तसे वापरता येईल असा साठा म्हणजेच दुग्धग्रंथी निर्माण केल्या. सस्तन प्राणी अशा प्रकारे भूतलावर अवतरले. एकंदर उत्क्रांतीच्या इतिहासात ही फार मोठी क्रांतिकारक घटना ठरली.

सस्तन प्राण्यांच्या अगदी प्राचीन कालातील पूर्वजांमध्ये, अर्भकाना दुग्धपानावर पोसण्याची क्षमता व त्यातूनच निर्माण झालेले अपत्यजनन या दोन महत्त्वपूर्ण घटनांमुळे या ग्रहावरील पुढील उत्क्रांतीचा मार्ग आपोआप ठरविला गेला. जन्मणारी अर्भके जिवंत राहण्याचे प्रमाण वाढले आणि प्राण्याना होणाऱ्या पिलांची संख्या घटत गेली. पोषणाच्या अशा हुकमी तरतुदीमुळे अर्भकांचे थंडी, उन्हाळा, अन्नटंचाई, तुफान पाऊस अशा अनेक नैसर्गिक आपत्तीपासून रक्षण शक्य झाले. जोपर्यंत मादीच्या शरिरात मेदद्रव्याचा (चरबीचा) अखेरचा थेंब शिल्लक असतो तोपर्यंत तिच्या शरिरातील दुग्धनिर्मितीचा "कारखाना" चालू राहतो. एवढेच नव्हे तर पिलांच्या पालनपोषण कालात काहीही न खाता त्यात मुळीसुद्धा खंड पडत नाही. अशा सस्तन प्राण्यांची उदाहरणे सर्वत्र आढळतात. काही अस्वले पिलाना हिवाळ्यात जन्म देतात. या काळात मादीला अनेक दिवस गुहेच्या बाहेर पडता येत नाही, तिला खावयासही मिळत नाही. तरीसुद्धा पिलांच्या स्तनपानात मात्र कोणताच व्यत्यय येत नाही.

आईबाप व मुले या कारणाने एकत्रित राहू लागली आणि दीर्घकाल टिकणारे कौटुंबिक जीवन अस्तित्वात आले त्यामुळे सस्तन प्राण्यांच्या उत्क्रांतीत मोठा बदल घडून आला. या व्यवस्थेमुळे सस्तन प्राण्यांची पिले जगण्याचा अधिक संभव असतो. त्यांच्या आईबापानी परिस्थितीशी जेवढ्या यशस्वीपणे जुळवून घेतले असेल तेवढे अन्नपाणी पिलाना सहजगत्या तर मिळू शकतेच शिवाय त्यांचे संरक्षणही अधिक प्रभावीपणे होते. अशा प्रकारच्या अनुकुल परिस्थितीमुळे उत्क्रांतीचा वेग वाढल्यास आश्चर्य नाही.

तथापि जलचर आणि जल-स्थलचर प्राण्यांच्या बाबतीत वेगळाच अनुभव येतो. या वर्गातील आईबाप, ताकद आणि चिवटपणाच्या बाबतीत अगदी "ऑलिंपिक-विजेते" असतील आणि बुद्धिमत्तेच्या दृष्टीने विद्वानानाही लाजवितील खरे, पण ते स्वतःच जर परिस्थितीशी जुळवून घेण्यात असमर्थ ठरले तर त्यांची प्रजाही वेळोवेळी नाश पावत असल्यास नवल ते कोणते? नीचतर प्राण्यांच्या बाबतीत उत्क्रांतीची गती मंदपणे का व्हावी याचे कारण आता लक्षात येईल.

कुटुंबसंस्थेचे आगमन झाल्यामुळे सस्तन प्राणिजगताच्या उत्क्रांतीस एक वेगळेच वळण मिळाले.

सर्वच प्राण्यांमध्ये जलदगतीचे आणि मोठाल्या दातांचे प्राणी खासकरून आपले अस्तित्व अधिक काळ टिकवू शकतात. सस्तन प्राण्यांच्या बाबतीतही अस्तित्व टिकविणे शक्य झाले व परिणामी त्यांची मानसिक वाढ ऊर्फ मेंदूच्या विकासाचे महत्त्व वाढले. आईबाप आपल्या पिलांचे केवळ पालनपोषण आणि रक्षण न करता त्याना अन्नाचा शोध घेण्यात तरबेज करतात शिवाय शत्रूपासून स्वतःचे रक्षण कसे करावे याचेही शिक्षण देतात. हे आईबाप, आपल्या आईबापांपासून जे काही शिकले आणि स्वतः जे अनुभव घेतले त्याचा फायदा किंवा ते अनुभव आपल्या पिलाना देते झाले. यामुळे सस्तन प्राणी अनुभवाची शिदोरी बांधू शकले आणि एका पिढीमार्फत पुढच्या पिढीमध्ये त्याचे संक्रमण करते झाले. अधिक पात्रतेचे आणि अधिक हुषार, चतूर "विद्यार्थी" आपले अस्तित्व दीर्घकाळ टिकवू शकतात हे नैसर्गिकच म्हटले पाहिजे. मेंदूचा विकास प्राथमिक महत्त्वाचा का याचे उत्तर आता स्पष्ट होईल.

सस्तन प्राण्यांच्या तुलनेने इतर प्राण्यांच्या मेंदूची वाढ मंदगतीची ठरली. यामुळे सस्तन प्राण्याना इतरांपेक्षा अधिक फायदे मिळत गेले आणि त्यांचा क्रमवार विकास निश्चित झाला. हा विकास एवढ्या उच्च मर्यादेपर्यंत पोहोचला की अखेर त्याचा दृष्य पुरावा म्हणून या पृथ्वीतलावर मानवजात विकसित झाली. मानवजातीचा उदय होण्यामागे दूध हे पूर्वापेक्षित असले पाहिजे असे म्हणण्यात कोणतीही अतिशयोक्ती नाही.

दुग्धस्रवण कसे अस्तित्वात आले याबाबत आज काही निश्चित विधान करता येत नाही. अपत्यजननामुळे (आईच्या गर्भाशयात जीवाची वाढ) दुग्धस्रवणाची गरज निर्माण झाली (कारण असहाय नवजातास योग्य अन्न पुरविण्याची गरज असते) की दुग्धस्त्रवणामुळे अपत्यजननास प्रोत्साहन मिळाले ही गोष्ट देखील अद्यापी स्पष्ट झालेली नाही. एक गोष्ट मात्र उघड आहे की दुग्धस्रवण प्रथम अस्तित्वात आले. तथापि, आजही काही सस्तन प्राणी – उदा. डक् बिल् आणि मुंगीखाऊ पर्क्यूपाइन – अंडी घालतात खरे, पण त्यातून जन्मणाऱ्या पिलाना ते इतर सस्तन प्राण्यांप्रमाणे दुधावरच पोसतात.

स्तनग्रंथी अथवा दुग्धग्रंथी यांच्या उत्पत्तीबाबत पुष्कळच माहिती उपलब्ध

आहे. त्यांचा उद्गम घर्मग्रंथींपासून झाला असावा अशी शक्यता वाटते. आजच्या सस्तन प्राण्यांच्या पूर्वजाना बहिर्मुखी अशा अनेक दुग्धग्रंथी होत्या पण त्या चुचुक ऊर्फ स्तनाग्रविरहित होत्या. सध्याच्या डक्बिलला अशा ग्रंथी आहेत. त्यांची संख्या दोनशेपर्यंत असून त्या आकाराने छोटचा असून पोटावरील त्वचेवर त्यांची तोंडे उघडलेली आढळतात. ही जागा दुग्धग्रंथी विभाग म्हणून ओळखली जाते. डक्बिलच्या या उदाहरणामुळे, दुग्धग्रंथी या घर्मग्रंथींपासून विकसित झाल्या या विधानास दुजोराच मिळतो. या प्राण्याच्या सर्व शरीरभर घर्मग्रंथी आणि मेदग्रंथी आढळतात आणि त्या केसांच्या आवरणाच्या अगदी नजिक उघडलेल्या असतात.

केशाच्छादनाच्या गुंतागुंतीच्या भागातील दुग्धग्रंथीच्या विभागात पुढे मेद आणि घर्मग्रंथींची जागा दुग्धग्रंथींनी घेतली. त्यातून झिरपणारे दूध खरखरीत अशा केशांवरून वाहते आणि पिले ते चाटतात.

विकसित झालेल्या प्राण्यांमध्ये वेगवेगळ्या ग्रंथी पुढे एकत्रित होऊन त्यांचे एका किंवा अधिक दुग्धमार्गात रूपांतर झाले.

दुग्धग्रंथी बराच मोठा आकार घेऊ शकतात. गायीम्हशींचे सड किती मोठे असतात ते आपण पाहतोच. दूध जास्तीत जास्त मिळावे म्हणून गेली हजारो वर्षे या प्राण्यांची शास्त्रशुद्ध पैदास मानव करीत आला आहे. पण हे प्राणी मोठ्या आकाराच्या सडांबाबत दावा करू शकत नाहीत. उंदराचेच उदाहरण घ्या ना. त्याच्या दुग्धग्रंथींचे वजन एकूण वजनाच्या सात टक्के असते आणि त्या दुधाने भरल्या की हेच वजन वीस टक्क्यांपर्यंत वाढते. हे पाहता, माणसाने दुधासाठी गायीम्हशींची निवड केली यात काही चुकले की काय असेच वाटेल. शास्त्रज्ञानी खास करून पांढऱ्या उंदरांचे दूध काढणारे एक उपकरणही तयार केले असून एखाद्या उंदीर-निपजकेंद्रात आपणाला ते दूध चाखताही येईल!

काही अधिक विकसित प्राण्यांच्या दुग्धग्रंथींमध्ये अधःस्तरातील मृदुमय स्नायुपेशींपासून तयार झालेले स्नायुमय उपकरण असते. कांगारू व इतर शिशुधान (पिले पोटावरील पिशवीत वाढविण्याऱ्या) प्राण्यांची पिले फारच अपक्व अवस्थेत जन्मतात. दुग्धग्रंथी असणाऱ्या पिशवीत जाऊन स्तनाग्रे पकडणे आणि दूध शोषित काही काळ काढणे एवढीही ताकद सुरवातीच्या काही महिन्यात या पिलांमध्ये असतेच असे नाही. वर उल्लेखिलेल्या स्नायुमय उपकरणाच्या आकुंचन-प्रसरण क्रियेने दूध त्यांच्या तोंडात फेकले जाते. मादी

देवमासा आणि इतर जलचर प्राणी आपल्या पिलांचे याप्रमाणेच पोषण करतात. देवमाशाचे पिलू जन्मतःच जरी एक टन वजनाचे आणि साडेचार मीटर लांबीचे असले तरी एवढचा मोठचा पिलाच्या दृष्टीनेही आईचे दूध पिणे व तेही पाण्याखाली, हे काही सोपे काम नसते. त्यासाठी आईला वरीलप्रमाणे मदत करावी लागते. शिवाय मादीची दोन स्तनाग्रे ही वरच्या बाजूस उघडी नसून पोटाच्या दोन्ही बाजूंकडे असणाऱ्या खोल खाचात "लपलेली" असतात.

इतर सर्व उत्सर्जक इन्द्रिये आणि दुग्धग्रंथी याची यंत्रणा एकसारखीच आहे. वृक्कग्रंथी, लालापिंड, घर्मग्रंथी आणि दुग्धग्रंथी यांच्या नलिकांमधील पोकळीत (अवकाशिकेत) प्रथमतः काही द्रव जमतो. आंतर्पेशीय द्रवाप्रमाणेच हे पाणी आणि थोडेसे सोडियम यांचे मिश्रण असते. या सोडियमचे, वृक्कात होते तसे पुनर्शोषण तरी होते किंवा दुग्धग्रंथीत त्यांची जागा प्रथिने, शर्कराद्रव्ये किंवा पोटॅशियम, कॅल्शियम, मॅग्नेशियम या द्रव्यांमार्फत घेतली जाते.

सर्व प्राण्यांच्या दुधामध्ये प्रथिने, मेद ऊर्फ चरबी लॅक्टोज ऊर्फ दुग्धशर्करा (फक्त दुधातच आढणारी), कॅल्शियम, सोडियम, मँगॅनीज, क्लोरिन, पोटॅशियम तसेच इतर अनेक खनिजद्रव्ये, जीवनसत्वे आणि हार्मोनद्रव्ये असतात. दुसऱ्या शब्दात असे म्हणता येईल की नवजात पिलांच्या सर्वांगिण वाढीसाठी आवश्यक ते सारे काही दुधात असते. ज्या प्राण्यांच्या पिलांची वाढ अल्पकाळात जलद गतीने होते त्या प्राण्यांचे दूध मेदद्रव्य आणि प्रथिने यानी समृद्ध असते. यामुळे देवमाशाच्या पिलाचे वजन दर दिवशी १०० कि. ग्रॅ. ने वाढते. त्याच्या आईच्या दुधात ३५ टक्के मेदद्रव्य (चरबी) असतात. सील नामक प्राणी आणि ग्रे व्हेल नामक देवमाशाच्या दुधात तर ५३ टक्क्यापेक्षाही अधिक चरबी असते. रानसशाच्या मादीचे दूध २५ टक्के चरबीयुक्त असून त्यामुळेच की काय ती आपल्या पिलाना आठवड्यातून दोन किंवा तीन वेळाच पाजते. या साऱ्यांच्या तुलनेने मानवी स्त्रीचे आणि गायीचे दूध चरबीविरहितच ठरते, कारण त्याचे प्रमाण अवघे तीन ते सहा टक्के भरते. पण मानवी दूध हे अत्याधिक गोडीचे असून घोडीच्या आणि गाढविणीच्या दुधाचीच त्याबरोबर तुलना शक्य आहे.

दुग्धकाल (दूध उपलब्ध असण्याचा काळ) हा वेगवेगळा असून गर्भारपणाचा काल जेवढा जास्त तेवढा दुग्धकालही अधिक राहतो. तथापि,

यास अपवाद आहेतच. डक्बिल मादी आपली अंडी जरी तेरा ते चौदा दिवस उबवीत असली तरी पिलाना पाजण्याचा काल तीन ते चार महिने राहतो. शिशुधान ऊर्फ उदरकोतरी अशा कांगारू आदी प्राण्यांच्या बाबतीतही हीच परिस्थिती असून गर्भारपणा हे काही दिवसांचेच असले तरी स्तनपान कित्येक महिने चालू राहते. देवमाशातील मादीचे गर्भारपण सोळा महिन्यांचे तर स्तनपानकाल दोन वर्षांचा असतो. गिनीपिगच्या बाबतीत उलट परिस्थिती आढळते. गर्भारपण दोन महिन्याचे असले तरी स्तनपानाचा काल दहा ते बारा दिवसांपुरताच मर्यादित असतो. सील प्राण्याच्या बाबतीत हा फरक आणखी जास्त असून गर्भारपण सुमारे २७५ दिवसांचे तर स्तनपानाचा काल अवघा १४ ते १७ दिवसांचा असतो.

पुष्कळशा प्राण्यांचा दुग्धकाल बराचसा वाढविता येतो. प्राण्यांच्या शास्त्रशुद्ध निपजेत याचा पूर्णपणे फायदा घेतला जातो. पाळीव गायीच्या तुलनेने रानटी गायीचा दुग्धकाल कमी भरतो.

मानवाच्या बाबतीत त्याचा लांबविलेला दुग्धकाल विशेष लक्षवेधी ठरतो. पॉलिनेशियाच्या काही भागातील रूढीनुसार स्त्रिया आपल्या अपत्याना त्यांच्या वयाच्या सहा वर्षांपर्यंत दूध पाजतात तर एस्किमो स्त्रिया त्याहीपेक्षा अधिक काळ म्हणजे अनेकदा मूल पंधरा वर्षाचे होईपर्यंत अंगावर पाजतात. असा लांबवलेला दुग्धपानकाल ही काही वंशीकगटांचीच मक्तेदारी आहे असे नाही. इस्लामी देशात ज्या स्त्रिया गुलाम म्हणून जनानखान्यात ठेवलेल्या असत त्या जनानखान्यात जन्मणाऱ्या मुलाबाळाना दूध पाजण्याचे काम कित्येक वर्षे करत.

विकसित अशा प्रत्येक सस्तन प्राण्यांमध्ये ठराविक संख्येत दुग्धग्रंथी असतात. निसर्गाने मानवी स्त्रीस अशा दोन ग्रंथी (दोन स्तन) दिल्या असल्या तरी पुष्कळदा आणखी एक जादा असू शकते. फक्त ती पूर्ण वाढीची नसते. अनेकदा अशा जादा दुग्धग्रंथीचे प्रमाण काही देशातील स्त्रियांमध्ये आढळते. उदाहरणार्थ, दर चार किंवा पाच जपानी स्त्रियांपैकी एकीला तरी अशी जादा दुग्धग्रंथी असल्याचे आढळून येते.

अशा जादा दुग्धग्रंथींच्या अस्तित्वाची कल्पना आपल्या प्राचीन पूर्वजाना जरूर होती. म्हणूनच की काय फिजियन लोकांची, देवांची व पृथ्वीवरील सर्व जीवमात्रांची न्हिआ सायबेल नामक मातृदेवता ही अगदी तरुण स्त्री तर होतीच पण तिला सात स्तन होते. तसे पाहिले तर आजची आधुनिक

स्त्री ही काही प्रमाणात सायबेल असतेच. शास्त्रज्ञाना स्त्रियांच्या मानेवर मोठ्या आकारातील प्रपिंड आढळले असून ते गर्भारपणात फुगतात आणि वेगाने पाझरतातही. काखेतील ग्रंथीही अशाच प्रकारच्या असतात. गर्भारपणाच्या आणि मूल झाल्यानंतरच्या काळात या ग्रंथीमधून जो द्रव पाझरतो तो दुधासारखाच दिसतो आणि मुख्य स्तनांमधून प्रसूतिपूर्व आणि त्यानंतर जे पहिलेवहिले दूध (कोलोस्ट्रम) येते तव्दतच ते कणिकायुक्त असते.

दुग्धग्रंथींचे कार्य आणि वाढ ही गर्भारपणा आणि प्रसवणे यांच्याशी निगडित आहे. तुलनात्मकदृष्टया मानवी स्त्रीच्याबाबतीत तिच्या दुग्धग्रंथी पहिल्या बाळंतपणापूर्वीच लक्षात येण्याइतपत वाढलेल्या असतात. नैसर्गिक निवडीच्या तत्वाचा हा परिपाक असावा असे शास्त्रज्ञांचे मत आहे.

स्त्रीला दिवस जाण्याच्या कितीतरी अगोदर दुग्धग्रंथी कार्यान्वित होऊ शकतात. अर्भकाच्या बाबतीत त्याच्या दुग्धग्रंथी थोड्या फुगलेल्या आढळणे आणि त्या पाझरणे अशक्य नसते. या दुधास "डाकिणीचे दूध" असे म्हणतात. यामागचे कारण असे की दुग्धस्त्रावास उत्तेजित करणारी मातेतील द्रव्ये तिच्या रक्तामार्फत बालकाच्या शरिरातही शिरतात.

केवळ स्त्रियांमध्येच दुग्धग्रंथी आढळतात. एवढ्या निरूपयोगी अवयवाची पुरूषास जरूरच काय, असेच कोणीही म्हणेल. "कितीही प्रयत्न केला तरी बैल दूध देणार नाही" अशी म्हणही अस्तित्वात आहे. वस्तुतः पुरूषांच्या शरिरातील निरूपयोगी दिसणाऱ्या दुग्धग्रंथी लाखो वर्षांपासून अस्तित्वात आहेत.

मात्र, नरातील दुग्धग्रंथी क्रियाशील नाहीत ही समजूत निराधार म्हटली पाहिजे. अनेक प्राण्यातील नरांच्या दुग्धग्रंथी पूर्णतया वाढत नाहीत हे खरे आहे पण विशिष्ट काळात त्या वाढल्याच्या खुणा जरूर दिसतात. त्यामधून दुग्धस्राव होणे शक्य आहे हे सुद्धा जाणवते. एवढेच नव्हे तर काही प्राण्यातील नर आणि मादी या दोहोंच्याही दुग्धग्रंथी सारख्याच प्रमाणात वाढतात आणि प्रजननकालात तर दोघांच्याही दुग्धग्रंथींमधून दूध पाझरते. डकबिल् पक्षयातील नराच्या दुग्धग्रंथी दुग्धस्रावाबाबत क्रियाशील असतात. असाच प्रकार संबंधित जातीतही आढळतो. तथापि, पिलाना पाजण्याचे काम नर करत नसल्यानुळे त्याचे दूध वाया जाते.

प्राण्यांचा पूर्णपणे विकास होण्याच्या आधीच्या काळात अनेक सस्तन प्राण्यांतील नर-माद्यांच्या दुग्धग्रंथी समप्रमाणात वाढतात. हे लक्षात घेता,

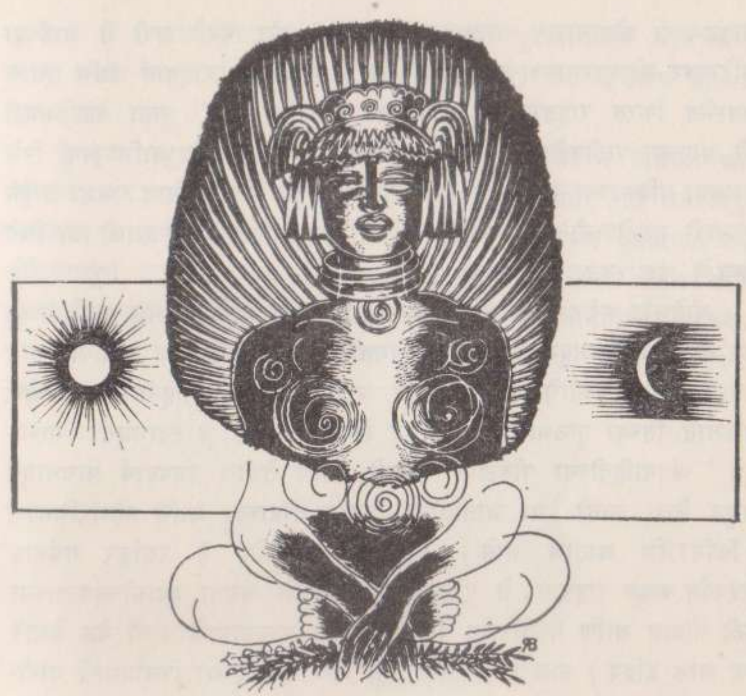
विशिष्ट अंतःस्रावांच्या उपचारामार्गे नराच्या दुग्धग्रंथी उत्तम प्रकारे कार्यान्वित करणे अगदी शक्य आहे. अंतःस्रावी ग्रंथीतील दोषांमुळेसुद्धा नरातील दुग्धग्रंथी कार्यान्वित झाल्याची उदाहरणे वैद्यकीय प्रकाशनात उद्धृत केलेली आढळतातच. नराची स्तनाग्रे चोखल्यामुळेही त्यातून दुग्धनिर्मिती सुरू झा झाल्याची उदाहरणेही दिली गेली आहेत. तेव्हा, बैलाचे दूध काढण्याचा खटाटोप अगदीच काही निरर्थक म्हणता येत नाही!

बहुतेकाना ठाऊक असेलच की मासे, बेडूक, साप आणि पक्षी – याना अंगचे दूध नसते. म्हणूनच, "पक्षिणीचे दूध" हा वाक्प्रचार अशक्यप्राय प्रयत्नांसाठी किंवा निव्वळ कल्पित प्रयत्नांसाठी रूढ झाला. आपल्या प्रिय व्यक्तीसाठी आपण काहीही करावयास तयार आहात असे जेव्हा पटवून द्यावयाचे असेल तेव्हा "पाहिजे तर तुला पक्षिणीचे दूध आणून देतो" असा निर्धार दाखवू शकता.

पृथ्वीवर सस्तन प्राणी अस्तित्वात येण्यापूर्वी, निसर्गाने इतर प्राण्यांच्या पिलांसाठी आईचे दूध उपलब्ध व्हावे म्हणून जरूर ते प्रयत्न केले. याचे एक उदाहरण म्हणजे काही रक्तशोषक माशांच्या आळ्या मादीतील एका विशिष्ठ प्रकारच्या गर्भाशयात वाढतात. त्यामध्ये विशिष्ट ग्रंथींमधून प्रथिने, चरबी आणि इतर पोषक द्रव्ये असणारा जो स्राव पाझरतो त्यावर या आळ्या पोसल्या जातात. कोषावस्था येईपर्यंत आळ्याना हा स्राव मिळत राहतो.

सोवएित संघात सामान्यतः आढळणारी एक मधमाशीची जात असून त्यापैकी फक्त कामकरी माशीतच खास प्रकारच्या दुग्धग्रंथी आढळतात. त्या तिच्या जबड्याखाली असतात. जन्म झाल्यानंतर चार ते आठ दिवसात त्या चांगल्याच कार्यान्वित होतात. मग ही माशी आपल्या मोठ्या कुटुंबात "दायीच्या" कामास जुंपली जाते.

हे मधमाशीचे दूध फारच आरोग्यवर्धक असल्याने राणीमाशी दर दिवशी सुमारे दोन हजार अंडी घालू शकते. दर दिवशी निर्माण होणाऱ्या प्रजेचे एकूण वजन राणीमाशीच्या वजनापेक्षा खूप जास्त असले तरी राणीमाशी अजिबात खंगलेली दिसणार नाही. अंडी घालण्याच्या बाबतीत जर कोंबडीस राणीमाशीशी स्पर्धा करावयाची झाली तर कोंबडीने रोज पन्नास अंडी देणे जरूर आहे. यावरून मधमाशीचे दूध केवढे पौष्टिक असते ते सहज लक्षात येईल.



वाळवी, मुंग्या व तत्सम जाती आपल्या आळयांचे – आणि अंड्याचेही – पोषण लाळेच्या सहाय्याने करतात. तथापि या कीटकांच्या अंड्यानाही तोंड किंवा पोट असते असा गैरसमज करून घेऊ नका. मादी आपली अंडी सर्व बाजूनी चाटत राहते. पोषकद्रव्यानी युक्त अशी लाळ अंड्याच्या बाह्य आवरणातून अंतर्भागात शिरते व त्यावर आतील जीवाचे पोषण होते. आपण जर सूक्ष्म निरिक्षण केलेत तर या चाटण्याच्या क्रियेमुळे आपल्या डोळ्यादेखत अंडे तीन ते चार पटीने फुगल्याचे आढळून येईल.

काही जलचर माशांच्या बाबतीतही काहीसा असाच प्रकार आढळतो. ॲमेझॉन नदीत आढळणारा आणि पुरीप्रमाणे चांगला गोलाकार असा डिस्कॉईड मासा पिलांचे पोषण, स्वतःच्या शरिरातून पाझरणाऱ्या पिवळसर रंगाच्या श्लेष्मास्रावावर करतो. अगदी पहिल्या दिवशी पिले जवळच्याच एखाद्या पानावर स्वस्थ पडून असतात पण त्याना भूक लागली रे लागली की जवळच त्यांच्यावर लक्ष ठेवण्याच्या आईला बिलगतात आणि तिच्या शरिरावर

आढळणारा श्लेश्मास्राव चाटून गट्ट करतात. पोट भरले तरी ते आईच्या शरिरावर श्लेष्मारसाच्या साहाय्याने थव्याने लोंबकळत राहतात आणि तशाच अवस्थेत फिरत राहतात. या पिलाना "भरविण्याची" पुन्हा वेळ आली की आपल्या पाठीवरील पिले ती नराच्या अंगावर झटकते आणि मग पिले आपल्या वडिलाच्या अंगावरील श्लेश्मारस चाटून पोट भरतात. अशा तऱ्हेने नरमादी आळीपाळीने पोषणकार्य करीत राहतात. पले मोठी झाली की मिग स्वतःचे अन्न स्वतःच शोधतात.

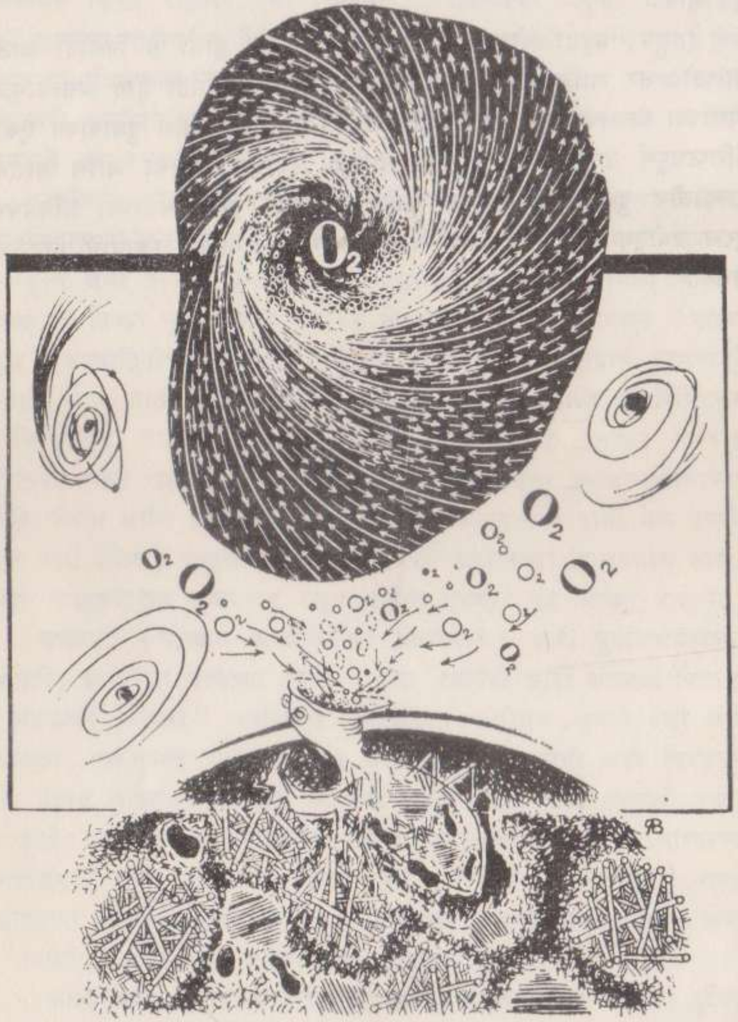
ओसेलॉट स्केट ऊर्फ रांजा नामक माशाचे प्रसूतिपूर्व पोषण मादीच्या गर्भाशयात जो दूधसदृश द्रव पदार्थ असतो, त्यावर होते. त्यामध्ये पोषणास उपयुक्त अशा द्रव्यांचे प्रमाण भरपूर असते. ज्या अंडवाहिनीमध्ये अंडबीजे वाढतात तिच्या पृष्ठभागावर रसांकुर निर्माण होतात व त्यामधून "मत्स्य-दूध" अंडवाहिनीच्या पोकळीत पाझरते आणि तेथील द्रवपदार्थ प्राणवायूने समृद्ध केला जातो. या जातीतील चपटचा तोंडाच्या आणि कॅलॉरचिनकस (किमिरॉईड जातीचे मासे) मत्स्याच्या बाबतीत हे रसांकुर गर्भवाढ होईपर्यंत वाढत राहतात. ते पुरेशा लांबीचे झाले असता श्वासोच्छ्वासाच्या वेळी तोंडात आणि शिखरिखेत (श्वासरंध्रात – कल्ल्यामध्ये पाणी येऊ देणारे एक खास इंद्रिय) पाझरत राहतात. ही पिले कांगारूच्या पिलांप्रमाणे मादी-च्या उदरकोटरात लोंबकळत राहून तोंडात पडणारे दूध चाखत राहतात.

उभयचर (पाण्यात व जमिनीवर वावरणारे) प्राणी दुग्धोत्पादनाच्या बाबतीत इतरांपेक्षा खालच्या दर्जाचे ठरतात. त्यांपैकी काही आपल्या पिलाना "अंड्यांची लापशी" भरवितात. युरोपियन प्रोटियस सुमारे ऐंशी अंडी घालतो, पण फक्त दोनच आळया जन्म घेतात. बाकीची अंडी विरघळून जी पोषक लापशी तयार होते ती अन्न म्हणून आळयांसाठी उपयोगी पडते. अल्पाईन सॅलॅमँडरच्या बाबतीतही हीच परिस्थिती आहे. या प्राण्याच्या गर्भाशयात इतर अंड्यातील पितकापासून (पिवळ्या बलकापासून) तयार होणाऱ्या लापशीत आळया तरंगत राहून तिचा फन्ना उडवित असतात. जेव्हा "लापशी" संपते तेव्हा आळया बाहेर पडतात.

अनेक पक्षी अत्यंत काळजीवाहू पालक म्हणून प्रसिद्ध आहेत. दुर्दैवाने पक्षिजात दुग्धविरहित आहे. अशी वस्तुस्थिती असताना, "पक्ष्याचे दूध अस्तित्वात आहे" हे विधान बरेचसे चमत्कारिक वाटेल. साऱ्या पक्ष्यात होला पक्षीच काय तो दूध निर्माण करतो. त्याच्या संचयिकेत (किंवा अन्न-

पुटात) ते तयार होते. संचयिकेच्या भित्तींच्या पुनर्निमितीचे काम जेव्हा चालू असते तेव्हा पांढरट रंगाचा निर्माण होणारा द्रव म्हणजेच होल्याचे दूध होय.

हे दूध, बहुधा ओल्या दाण्यांबरोबर मिसळून होला ते पिलाना खाऊ घालतो. नर आणि मादी या दोहोतही अशी दुग्धनिर्मिती होत असल्यामुळ पिलांच्या पालनपोषणात दोघांचाही वाटा असतो. होल्याच्या दुधाबाबत एका वैशिष्टचपूर्ण उल्लेख अवश्य केला पाहिजे. त्याच्या दुधाचा आणि सस्तन प्राण्यातील दुधाचा धर्म एकच आहे. दोहोमध्ये दुग्धनिर्मितीच्या प्रक्रियेवर पुरश्र ग्रंथीतून स्रवणाऱ्या "प्रोलॅक्टिन" नामक आन्तरिक स्त्रावाचे नियंत्रण असते.



प्रकरण ३

वायुवीजन

एक जीवनावश्यक घटक

नव्या अणंच्या निर्मितीसाठी आणि पुढे नव्या पेशींच्या उभारणीसाठी ऊर्जेची नितांत आवश्यकता असते. इंद्रिये कार्यवत राहण्यासाठी तसेच उतीं-चेही कार्य चालू राहण्यासाठी ऊर्जा हवीच. कोणताही प्राणिमात्र जी ऊर्जा वापरतो ती प्रथिने, मेदद्रव्ये तसेच कार्बोहायड्रेट संयुगे यांच्या ऑक्सिडीकरणा-च्या क्रियेतून अथवा या पदार्थांच्या ज्वलनक्रियेमार्फत पुरविली जाते.

प्राणवायूशिवाय ऑक्सिडिकरण अशक्यच. प्राणवायूचा पुरवठा करणे हे श्वसनेंद्रियांचे काम असून सजीव प्राण्यात ते काम फूफ्फूसांच्या साहाय्याने केले जाते. तथापि, हवा आत घेणे व ती परत बाहेर टाकणे म्हणजेच "श्वसनक्रिया" एवढाच मर्यादित अर्थ समजू नये. ही खरीखुरी श्वसनक्रिया नव्हे तर तीसाठी जरूर असणाऱ्या प्राणवायूचे केवळ वहन होय.

श्वसनक्रियेत प्रामुख्याने ऑक्सिडीकरणाची प्रक्रिया अंतर्भूत असली तरी ती ज्वलनक्रियेशी फारच थोड्या प्रमाणात मिळतीजुळती असून दोहोंमध्ये साम्य दाखविणे मुळीच योग्य नाही. ज्वलनक्रियेत, ज्या पदार्थांचे ऑक्सिडी-करण होते, त्यांच्याशी प्राणवायू सरळ सरळ संयोग पावतो. जैविक ऑक्सि-डीकरणात प्रथिने, मेद किंवा कार्बोहायड्रेट अशा पदार्थातील हायड्रोजन वेगळा (निष्कर्षित) होतो. त्याचा पुढे प्राणवायूशी संयोग होऊन पाणी तयार होते. श्वसनक्रियेचे हे स्वरूप लक्षात ठेवा कारण पुढे ती आपण पाहणार आहोत.

ऑक्सिडिकरण हे ऊर्जा मिळविण्याचे सर्वात महत्त्वाचे साधन आहे. यामुळेच एखाद्या ग्रहावर प्राणवायू व पाणी आहे काय हे जाणून घेण्याची उत्सुकता खगोलशास्त्रज्ञाना फार असते. उघडच आहे की या दोहोंचे जर

एखाद्या ग्रहावर अस्तित्व आढळले तर तेथे कोणत्या ना कोणत्या प्रकारचे तरी जीवन असणारच असा सहजच निष्कर्ष काढता येईल. जगातील पहिले सोविएत्त संघाचे 'विनेरा-४' हे आंतरग्रहीय कृत्रिम स्थानक (उपग्रह) शुक्रावर सुलभपणे उतरले खरे पण तेथील वातावरणात मुक्त प्राणवायू जवळजवळ नाहीच आणि पाण्याचा अल्पांश असून तपमान ३०० अंश सेंटिग्रेड इतके आहे ही माहिती जेव्हा यानाने पृथ्वीकडे पाठविली तेव्हा खगोलशास्त्रज्ञांचा केवढा विरस झाला असेल याची कल्पनाच केलेली बरी.

तथापि यामुळे अगदीच निराश होण्याचे कारण नाही. या ग्रहाच्या पृष्ठभागावर जरी जीवन आढळणे अशक्य असले तरी शास्त्रज्ञांच्या मते ते तेथील वातावरणाच्या वरच्या थरात बरेचसे सुसह्य तपमान असून तेथे जीवन निर्माण करता येण्याची शक्यता ते वर्तवितात. ही जीवसृष्टी म्हणजे एकपेशीय वनस्पती, जी कार्बन डायॉक्साईड वापरून प्राणवायूची निर्मिती करते. शुक्रावरील अत्यंत वरच्या दाट अशा वातावरणामुळे या एकपेशीय वनस्पती पृष्ठभागावर न पडता सतत तरंगत राहतील. अशा प्रकारच्या जीवनामर्फत तेथील वातावरणाची वायूरचना, सरतेशेवटी मूळापासून बदलता येणे शक्य होईल.

ही अशा प्रकारची कामगिरी हरित वनस्पती मार्फत पार पाडणे शक्य असते. आपणास ठाऊक असलेले पृथ्वीवरील आजमितीचे हे वातावरण सजीवांच्या मार्फतच निर्माण झाले आहे. दर वर्षी पृथ्वीवरील वनस्पतींमार्फत ६५० अब्ज टन कार्बन डायॉक्साईड वापरला जातो आणि ३५० अब्ज टन प्राणवायू निर्माण केला जातो. एक काळ असा होता की पृथ्वीवरील वातावरणात आजच्या मानाने फारच कमी प्राणवायू होता तर कार्बन डायाक्साईडचे प्रमाण खूपच होते. हा फक्त कालावधीचा प्रश्न होय. शुक्र ग्रहाच्या वातावरणात असा बदल घडून येण्यास काही अब्ज वर्षांचा कालावधी पुरे. तोपर्यंत तेथील तपमानही एवढे कमी होईल की पृथ्वीवरील लोक तेथे गेल्यास त्याना आपण स्वग्रहीच असल्याचा भास होईल. (पृथ्वी सुद्धा एकेकाळी अतिशय ऊष्ण होती).

पुरवठा खाते

जीवधारणेसाठी प्राणवायूची नितांत आवश्यकता असून जीवमात्राच्या प्रत्येक पेशीस तो कुठून ना कुठूनतरी मिळवून पुरवठा केलाच पाहिजे. या

ग्रहावरील बहुसंख्य प्राणिमात्र वातावरणातील प्राणवायू वापरतात तर काही पाण्यातील विरघळलेल्या प्राणवायूचा वापर करतात. त्यांच्या फुफ्फुसांमार्फत किंवा कल्ल्यांमार्फत श्वसनक्रिया केली जाऊन तेथून प्राणवायू शरिराच्या सर्व भागाना पुरविला जातो.

पाण्यापासून अथवा वातावरणातील प्राणवायू मिळविणे हे सकृतदर्शनी अतिशय कठीण काम वाटणे शक्य आहे. पण प्रत्यक्षात तसे नाही. यासाठी प्राण्याना काही खास प्रकारचे उपकरण वापरावे लागत नाही. फुफ्फुसे किंवा कल्ल्यांमार्फत प्राणवायू रक्तात मिसळला जातो तो विसरणाच्या तत्वानुसार कारण वातावरणाच्या तुलनेने रक्तात प्राणवायू कमी प्रमाणात असतो आणि त्याचे सर्वत्र समान वाटप करून घेण्यासाठी सर्व वायू आणि द्रवपदार्थांचा प्रयत्न चालू असतो.

प्राणिमात्राना निसर्गाने फुफ्फुसे किंवा कल्ले अगदी सुरुवातीपासूनच बहाल केलेले नाहीत. प्राचीन काळातील बहुपेशीय सजीवांमध्ये त्यांचे अस्तित्व असे नव्हतेच, कारण ते सारेजण आपल्या शरिराचा संपूर्ण पृष्ठभाग–त्वचा–श्वसनक्रियेसाठी वापरत. पुढे पुढे मानवासह सर्व सुविकसित प्राणी–श्वसनक्रियेसाठी खास प्रकारच्या इंद्रियानी सुसज्ज होत गेले. तथापि त्वचेमार्फत श्वसन करण्याचा गुणधर्म त्यानी सोडला नाही. याला अपवाद कासवे, खेकडे, अर्माडिलो आणि तत्सम कठीण कवचधारी प्राण्यांचा आहे.

माणसाच्या श्वसनक्रियेत त्याची संपूर्ण त्वचा अंतर्भूत असून अगदी टाचेची जाड कातडी व डोक्यावरील केशाच्छादित कातडी यांचाही त्यास अपवाद नाही. तथापि, छाती, पाठ व पोट यावरील त्वचेमार्फत अत्याधिक प्रमाणात श्वसन होते. आश्चर्याची गोष्ट ही की या भागांमार्फत होणारे श्वसनाचे प्रमाण खुद्द फुफ्फुसांपेक्षाही अधिक असते! आपण जर फुफ्फुसे आणि त्वचा यांचे दोन समान छेद विचारात घेतले तर असे दिसून येईल की फुफ्फुसांपेक्षा त्वचेमार्फत २८ टक्के जादा प्राणवायू शोषिला जातो तर ५४ टक्के अधिक कार्बन डायॉक्साईड बाहेर टाकला जातो.

त्वचेमध्ये ही जादा कार्यक्षमता का आढळवी याचे कारण सांगणे कठीणच आहे. एक शक्यता अशी की त्वचेमार्फत शुद्ध स्वच्छ हवेचे श्वसन होते. त्यामानाने फुफ्फुसातील हवेचे चांगल्या रीतीने वायुवीजन होत नाही. म्हणजे उच्छ्वासावाटे जरी जास्तीत जास्त हवा बाहेर टाकली गेली तरी तिचा काही अंश फुफ्फुसात उरतोच व त्यामध्ये नेमके अनावश्यक घटक जास्त

प्रमाणात असतात. बाह्य वातावरणाच्या तुलनेने प्राणवायूचे प्रमाण कार्बन डायॉक्साईडपेक्षा खूपच कमी असते. श्वसनावाटे आत घेतलेल्या हवेत हे घटक मिसळले जातात आणि तिचा दर्जा घसरतो. त्वचेद्वारा श्वासनापासून असलेल्या फायद्यामागे हे असे काही कारण असेल तर त्याचे आश्चर्य वाटू नये.

तथापि, फुफ्फुसांच्या तुलनेने एकूण श्वसनक्रियेतील त्वचेचा वाटा नगण्य ठरतो. याचे कारण उघड आहे. माणसाच्या त्वचेचे एकूण क्षेत्रफळ जेमतेम दोन चौरस मीटर भरते, तर फुफ्फुसांचे–त्यातील सत्तर कोटी वायूकोश सपाट पसरल्यास–९० ते १०० चौरस मीटर म्हणजे त्वचेच्या ४५ ते ५० पट अधिक भरते. (वायुकोश हे पातळ पापुद्रयांच्या द्राक्षसदृश सुक्ष्म थैल्या असून त्यांच्या पापुद्रयांमधून बाह्य परिसर व रक्त यांच्यात वायूची देवाणघेवाण चालते).

त्वचेमार्फत श्वसन व त्यायोगे प्राणवायूचा योग्य पुरवठा होणे हे फक्त अगदी लहान प्राण्यांच्या बाबतीतच शक्य असते. यामुळेच, अगदी सुरुवातीपासूनच निसर्ग इतर मार्ग शोधण्याच्या प्रयत्नात होता. आणि अशाच प्रयत्नात प्रयोगार्थ प्रथम निवड झाली ती पचनेंद्रियांची.

सीलेंटरेट ऊर्फ आंतरगुही प्राण्यांमध्ये केवळ दोन थर असणाऱ्या पेशी असतात. त्यापैकी बाह्य थरामार्फत सभोवतालच्या परिसरातील प्राणवायू शोषिला जातो तर अंतर्थरामार्फत, आतड्यांच्या पोकळीत सहजगत्या शिरणाऱ्या पाण्यातील. मात्र अधिक गुंतागुतीची पचनसंस्था असलेल्या चापटकृमी पचनेंद्रियांचा श्वसनक्रियेसाठी उपयोग करून घेऊ शकत नाहीत. त्यांच्या शरिरातील खोलवरच्या पेशीना अभिसरणामार्गे मोठ्या प्रमाणात प्राणवायचा पुरवठा होणे चेक्यच नव्हते. यामुळे या कृमीना चापटच रहावे लागले.

चापटकृमींच्या पाठोपाठ उत्पन्न झालेल्या ॲनेलिड कृमींच्या काही जातीनी त्वचेमार्फतच श्वसनक्रिया साधण्यात यश मिळविले, परंतु हे शक्य झालें ते त्यांच्यामध्ये विकसित होत गेलेल्या आणि रक्ताचे अभिसरण करणाऱ्या इंद्रियांमुळेच. या अनुषंगानेच ॲनेलिड कृमींच्या काही जातीना कल्ले (क्लोप किंवा पटल) प्राप्त झाले. वातावरणातील प्राणवायू मिळविण्यासाठी अस्तित्वात आलेले हे पहिले खास उपकरण होय.

पुढे कालान्वये विकसित होत गेलेल्या प्राणिमात्रात अशा इंद्रियांचे मुख्यत्वे करून दोन प्रकार अस्तित्वात आले. पाण्यातील प्राणवायूची गरज असलेल्यांमध्ये पाण्याशी प्रत्यक्ष संबंध येणारा असा प्रलंबित अवयव विकसित झाला,

तर सभोवतालच्या हवेतील प्राणवायू मिळविणाऱ्यांमध्ये पोकळ्या (खळगे) विकसित होत गेल्या. गोगलगायी (ओडिबल स्नेल) न्यूट, सॅलॅमँडर यांच्याबाबतीत ही पोकळी म्हणजे एक साधी पिशवी ठरली तर सस्तन प्राण्यांच्या बाबतीत तिचे स्वरूप अत्यंत गुंतागुंतीचे व द्राक्षघडासारखे भासणाऱ्या सूक्ष्म आशयक किंवा पुटिकांच्या गठ्ठ्यासारखे आहे.

पाण्यातील आणि जमिनीवरील श्वसनात अतिशय फरक आहे. उत्तम दर्जाच्या पाण्यातही दर लिटरमध्ये केवळ १० घन सें. मी. प्राणवायू असतो तर तेवढ्याच हवेत मात्र २१० घन सें. मी. म्हणेजच वीस पट अधिक असतो. हवेत एवढ्या भरपूर प्रमाणात प्राणवायू असूनसुद्धा जलचर प्राण्याना तो त्यांच्या श्वसनेंद्रियामार्फत मिळविता येऊ नये हे चमत्कारिकच वाटेल. जलचर प्राण्यांच्या कल्ल्यांच्या विशिष्ट रचनेमुळे ते पाण्याप्रमाणेच हवेतही तितकेच कार्यक्षम राहू शकतील खरे पण, हवेत पाण्याआभावी कल्ल्यातील पापुद्र्यांप्रमाणे असलेली पटले एकमेकस चिकटून लगेच वाळून कोरडी होतील मग रक्ताचे अभिसरण बंद पडून श्वसनकार्यही थांबेल.

श्वसनेंद्रियांच्या उद्‌गमाचा व विकासाचा इतिहास दीर्घकालीन आहे. त्यांच्या निर्मितीक्रियेत निसर्गाने, पूर्वीच्या मूळ प्राण्यांमध्ये चाचणी घेतलेल्या पद्धतींचा वापर केला. शिप्वर्म नामक कृमींचे कल्ले म्हणजे त्यांच्या बाह्य आवरणाची गुंतागुंतीची वाढ होय. सर्व अपृष्ठवंशी प्राण्यांचे कल्ले व फुफ्फुसे म्हणजे अग्रीय आंतड्याचे रूपांतर आहे.

श्वसनक्रियेतील क्लीष्टतेवर कीटकानी केलेली मात वैशिष्ट्यपूर्ण ठरते. शरिरात इंद्रिये कुठेही असोत, अगदी त्यांच्यापर्यंत सरळ सरळ, हवेला प्रवेश देऊन त्यानी हा प्रश्न निकालात काढला. त्यांच्या सर्व शरीरभर पसरलेल्या आणि अनेक शाखायुक्त अशा नालिकांच्या सहाय्याने हे साध्य झाले. त्यांच्या अगदी मेंदूतसुद्धा हवेचा पुरवठा करणाऱ्या वायुवाहिन्यांची छिद्रे असून शाब्दिकदृष्ट्या ते "रिकाम्या डोक्याचे" असतात म्हटले तरी चालेल.

या वायुवाहिन्याना अनेक शाखा फुटलेल्या असतात आणि त्या जसजशा वाढत जातात तसतशा निमुळत्या होऊन त्यांची तोंडे अगदी सूक्ष्म आकारांची बनतात. या ठिकाणी वायुवाहिन्या एवढ्या लहान तोंडाच्या बनतात की त्यांचा व्यास जेमतेम एक मायक्रॉन (म्हणजे एका मीटरच्या एक-दशलक्षांश) होऊन त्या श्वासनलिकेच्या रूपाने पेशीच्या अगदी जीवद्रव्यात शिरतात. अशा

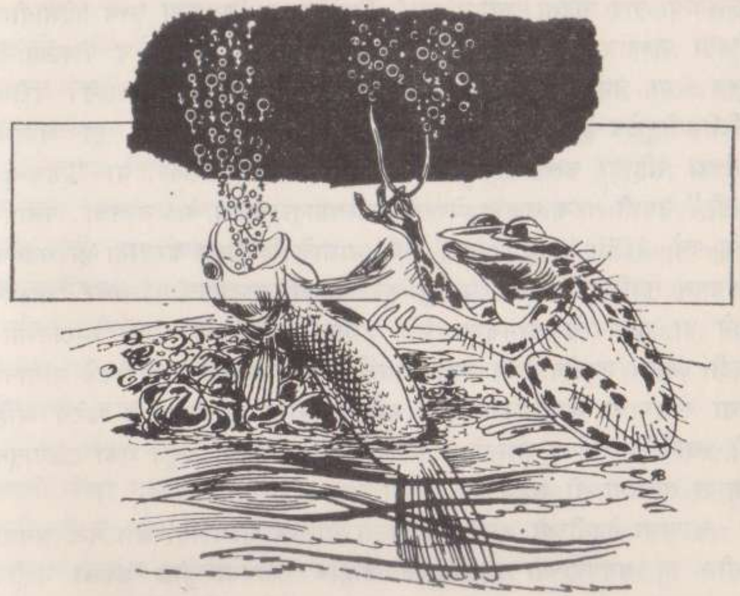
प्रकारे कीटकांमध्ये प्राणवायूचा पुरवठा अगदी "मुक्कामां"च्या ठिकाणी केला जातो ज्या पेशींमार्फत प्राणवायू मोठ्या प्रमाणात व जलदरित्या वापरला जातो. त्या ठिकाणी या श्वासनालिकांचे प्रमाणही जास्त असते आणि ज्या स्नायूचा उडण्यावेळी वापर होतो त्यातील पेशींमध्ये तर त्यांचे जाळेच पसरलेले आढळून येते.

कीटकांच्या बाबतीत, शरिरातील कोणत्या भागाना प्राणवायूचा पुरवठा कमी पडत आहे याचे वायुवाहिन्याना आपोआप ज्ञान होते. बाह्य त्वचेतील श्वासनालिकांचे हे वैशिष्टच आहे. या श्वासनलिकांचे शेवट बंद असून त्यांचा व्यास एका मायक्रॉनपेक्षाही लहान व लांबी एक-तृतियांश मिलिमीटर भरते. जेव्हा शेजारचे भाग प्राणवायूचा वेगाने वापर करू लागतात तेव्हा श्वासनालिकांची लांबी वाढत जाते, एवढी की पुष्कळदा ती एक मिलिमिटरही भरते

सकृतदर्शनी असे वाटेल की प्राणवायूच्या पुरवठ्याचा प्रश्न कीटकवर्गाने यशस्वीरीत्या सोडविलेला आहे. वायुवाहिन्या प्राणवायू मिळविण्यासाठी सतत उघड्या तोंडाच्या राहून चालणार नाही. कारण, त्यामधून वाहणारा हवेचा वेगवान स्रोत त्यांचे शरीर केव्हाच कोरडे करून टाकेल. हे टाळण्यासाठी वायुवाहिन्यांची तोंडे थोडक्या वेळेपुरतीच उघडतात आणि कित्येक जलचर कीटकांमध्ये ती कायमची बंद असतात. आणि सरळ कातडीतून किंवा कल्ल्यांमधून विसरण-क्रियेने प्राणवायू वायुवाहिन्यात पसरतो व त्यांमधून विसरण-क्रियेनेच संपूर्ण शरिराला पुरवठा होत राहतो.

मोठ्या आकाराच्या व जमिनीवरील कीटकांची श्वसनक्रिया तीव्रपणे चालते. त्यांच्या पोटाचे स्नायू दर मिनिटाला सत्तर ते ऐंशी वेळा आकुंचन पावतात व हवा बाहेर फेकली जाते. स्नायू शिथिल पावून पोट जेव्हा त्याच्या मूळ आकारास येते तेव्हा हवा आत ओढली जाते. हे कीटक, श्वसन आणि उच्छ्वसन या क्रियांसाठी वेगवेगळ्या वायुमार्गांचा वापर करतात. ते उरस्थ तोंडांवाटे हवा आत घेतात आणि पोटावरील तोंडांवाटे बाहेर टाकतात.

आपल्यावर सोपविलेली कामगिरी बजावण्यात मुख्य श्वसनेंद्रिये नेहमीच पुरेशी पडतात असे नाही. विशेषतः प्राणवायूची कमतरता असणाऱ्या किंवा तो अतिशय अपुरा असणाऱ्या परिसरात जेव्हा प्राणी स्थलांतर करतात तेव्हा हा अनुभव खासकरून येतो. अशा परिस्थितीत मुख्य श्वसनेंद्रियांच्या मदतीसाठी निसर्गाने जो उपाय योजला तो फारच डोकेबाज म्हटला पाहिजे.



प्रथमतःकाळाच्या ओघात उपयुक्त ठरलेले उपाय, अधिक सुधारणांसहित वापरले गेले. सोविएत संघाच्या दक्षिणेस स्लग नामक छोटेसे मासे नेहमी आढळतात. उन्हाळ्यात कोरड्या पडणाऱ्या नद्या व तळ्यांमध्ये त्याचे वास्तव्य असते. जेव्हा ह्या नद्यांची पात्रे दलदली युक्त होतात तेव्हा त्यामध्ये कुजत जाणाऱ्या अनेक वनस्पती असल्यामुळे उन्हाळ्यातील रखरखित दिवशी तर प्राणवायूचा फारच तुटवडा भासतो. अशा वेळी गुदमरण्याचा धोका टाळण्यासाठी या माशाना हवेचे 'भक्षण' करावे लागते. ते अक्षरशः हवा खातात, ती गिळून अन्नाप्रमाणे आतड्यांमार्गे बाहेर टाकतात. आतड्यांचा पुरश्च भाग पचनक्रियेसाठी आणि मागील (पश्चात) भाग श्वसनासाठी वापरला जातो.

पचनक्रियेचा श्वसनक्रियेमध्ये कमीत कमी अडथळा व्हावा यासाठी आंतड्याच्या मधल्या भागात खास स्रावक-पेशी असतात. त्या पातळ द्रवाने निरूपयोगी अन्नपदार्थ आच्छादित करतात. अशा प्रकारे श्वसनासाठी वापरल्या जाणाऱ्या आतड्याच्या भागातून ते अन्न चटदिशी पुढे सरकते. गोड्या पाण्यातील चार आणि लोच नामक आणखी दोन प्रकारचे मासे याप्रमाणेच श्वासोच्छवास करतात. एकच अवयव दोनही प्रकारची कार्ये (श्वसन आणि

सहजगत्या पार पाडतो याची उदाहरणे विरळच. आशियाच्या उष्ण प्रदेशातील गोड्या पाण्यात आढळणाऱ्या काही माशांमध्ये अनेक मार्गी व पोकळ्यानी युक्त असा चक्रव्यूहसदृश गुंतागुंतीचा अवयव – श्वसनेंद्रिय – आढळते. वरील परिस्थितीमुळेच हे जादा श्वसनेंद्रिय अस्तित्वात आले असावे. हा अवयव त्यांच्या पहिल्या कल्ल्यातील कमानीच्या रुंद भागात असतो. या "चक्रव्यूहाची" नेमकी गरज लक्षात येण्यास शास्त्रज्ञाना बराच वेळ लागला. क्लायंबिंग् पर्च (Climbing perch) या माशाचे विच्छेदन करताना हा अवयव सर्वप्रथम सुप्रसिद्ध शास्त्रज्ञ जी. कुव्हियर यांच्या दुष्टोत्पत्तीस आला. शास्त्रज्ञाने या अवयवाचे नामकरण केले आणि सुचविले की पाणी साठविण्यासाठी त्यांचा उपयोग केला जात असावा. एक तळे सोडून दुसरीकडे जाताना अशा साठ्याची आवश्यकता त्या माशास भासत असावी. हे खरेच आहे की क्लायंबिंग पर्चला स्थानांतर करण्याची फार आवड असून एका तळ्यातून दुसऱ्या तळ्यात तो सहजगत्या जातो.

आपल्या नेहमीच्या जागी राहणाऱ्या माशांचे सूक्ष्म निरिक्षण केले असता देखील या अवयवाच्या कार्याबाबत काहीच उलघडा होऊ शकला नाही. या सुमारासच कॉमरसन नामक इंग्रज प्राणिशास्त्रज्ञाचा "गुरामी" (Gourami) या साधारणतः मोठ्या आकाराच्या माशाशी प्रथमच संबंध आला. या माशांचे त्याने ओस्फोमेनस ओल्फॅक्स म्हणजे "वास घेणारे" असे नामकरण केले. त्याला असे आढळून आले की हे मासे सतत पाण्याच्या पृष्ठभागी येऊन आपला तोंडाचा भाग (तुंड) पाण्याबाहेर काढतात आणि हवेचा "घोट" घेतात. त्यावेळी असे कोणाच्याही ध्यानात आले नाही की हे मासे खरोखरीच श्वास घेतात. कामरसनने असे मत व्यक्त केले की गुरामी वेळोवेळी पृष्ठभागी येतात ते हवेचा वास कसा काय आहे हे पाहण्यासाठीच.

पुढे पुढे हे गुरामी मासे युरोपातील मत्स्यालयातून ठेवले जाऊ लागले. तेव्हा कुठे निसर्गवेत्त्यांच्या ध्यानी आले की हे मासे आपल्या शरिरातील या चक्रव्यूहसदृश अवयवाचा श्वसनक्रियेसाठी उपयोग करतात. त्यांच्या कल्ल्यांचे केवळ नावापुरते अस्तित्व उरले असून प्राणवायूसाठी ते मुख्यतः या "चक्रव्यूहा"वरच अवलंबून असतात. कोरड्या हवेवर हे "चक्रव्यूह"धारी मासे एवढे अवलंबून असतात की ते त्यावाचून जगूच शकत नाहीत. शुद्ध प्राणवायूने समृद्ध अशा मत्स्यालयातील पाण्यात जरी त्याना राहण्याची सक्ती केली तरी अखेरीस ते "गुदमरून" पाण्यात "बुडून" जातील!

बेडूक या प्राण्याची श्वसनक्रियादेखील कठीण असते कारण, त्याची फुफ्फुसे परिपूर्णावस्थेपासून खूपच दूर राहिल्यामुळे त्यालाही आपले चातुर्य पणास लावणे भाग पडते. १९०० साली आफ्रिकेतील गबॉनमध्ये एक केसाळ बेडूक पकडला गेला. जगातील साऱ्या प्राणिशास्त्रज्ञांमध्ये या केसाळ बेडकामुळे कुतुहल निर्माण झाले. शास्त्रज्ञानी असे गृहित धरले होते की केसांचे अस्तित्व केवळ सस्तन प्राण्यांपुरतेच मर्यादित आहे. या गबानी बेडकाच्या बाजू आणि पाय केशाच्छादित का असावेत हे कोडे काही उलगडेना. थंडीपासून संरक्षण हा प्रश्नच त्यांच्याबाबतीत उद्भवत नव्हता. युरोप खंडामध्ये आणि आर्क्टिक वर्तुळाच्या आसपास राहणाऱ्या त्याच्या भाईबंदाना जर थंडीचा त्रास होत नव्हता तर या आफ्रिकन बेडकास थंडीपासून संरक्षण मिळविण्याची काय जरूर?

या बेडकाच्या "लोकरीच्या कोटा" चे रहस्य लवकरच उलगडले. त्याची जेव्हा सूक्ष्मदर्शकाखाली तपासणी केली गेली तेव्हा लागलीच आढळून आले की हे केस म्हणजे त्वचेचीच बहिर्वाढ आहे. हे "लोकरीचे कोट" अर्थातच उबदार नसतात. तसेच या केसाळ बेडकाना उबेची जरूरीही नसते. कारण गबानमध्ये कधीच थंडी पडत नाही. अधिक अभ्यासातून असे निष्पन्न झाले की हे केस म्हणजे पाण्यात आणि उघड्यावरही श्वासोच्छवास करणारे एकप्रकारचे कल्लेच होत. फक्त नर बेडकाच्याच अंगावर केस आढळतात. तथापि, केसाअभावी प्रजननकाळी अडचण निर्माण होते. कारण ह्या काळात त्याना अधिक शारीरिक कष्ट करावे लागते आणि त्यामुळे केस नसल्यास श्वसनक्रियेचा कोंडमारा होऊन प्राणवायूच्या कमतरतेस तोंड द्यावे लागते.

ऊष्ण प्रदेशी आफ्रिकेतील मड्-स्किपर (Mud-skipper) या माशाची श्वसनक्रिया तर फारच लक्षवेधक ठरते. हा मासा आपला अधिकतर वेळ पाण्यात नव्हे तर चिखलात व्यतित करतो. हा तसा जमिनीवरील प्राणी असून मोठे अंतर काटू शकतो आणि झाडावर चढण्यातही तो पटाईट आहे. जेव्हा तो कोरड्या जमिनीवर असतो तेव्हा आपल्या शेपटीमार्फत श्वसन करतो. या शेपटीत फाटे फुटलेल्या विपूल रक्तवाहिन्या असतात.

मड-स्किपरच्या श्वसनक्रियेचा अभ्यास करताना शास्त्रज्ञांची थोडीशी फसगतच झाली. त्यानी पाहिले की हा मासा दिवसातील अधिक काळ जरी कोरड्या जमिनीवर काढत असला आणि कीटक पकडून पोट भरत असला तरी पाण्यापासून दूर राहण्यास तो नाराजच असतो. बहुधा तो चिखलाच्या-

काठावर बसतो आणि त्यातील पाण्यात आपली शेपटी (पुच्छपक्ष) बुडवून ठेवतो.

त्याची ही सवय पाहून शास्त्रज्ञानी असा अंदाज केला की प्राणवायूसाठी तो आपल्या शेपटीवर अवलंबून राहतो व तीमार्फत तो पाण्यातून प्राणवायू मिळवितो. तथापि, या पाण्यातील प्राणवायूचे मोजमाप करण्याचे जेव्हा त्यांच्या मनात आले तेव्हा, शेपटी पाण्यात बुडवून बसण्याइतपत तो पाण्यात मुळीच नसल्याचे आढळून आले. आता स्पष्ट आले आहे की मड-स्किपर आपल्या शेपटीचा वापर पाणी शरिरात ओढून घेण्यासाठी करतो. पाण्यामुळे शरिराच्या इतर भागाना ओलावा मिळतो आणि त्यायोगे योग्य प्रमाणात श्लेष्मा रस स्रवतो. पाण्यात असताना शेपटीमार्फत मिळविला जाणारा प्राणवायू नाममात्र असतो. एकदा भापूर पाण्याची सोय केली की पाण्यातून जमिनीवर जाण्यास तो मोकळा होतो. अशा वेळी मात्र त्याचे प्रमुख श्वसनेंद्रिय शेपूटच असते.

अंबर ऊर्फ मड् मिनो (Mud-minnow) हा प्राणी आपल्या वाताशयामार्फत प्राणवायू घेतो. सोविएत संघातील मल्दाविया प्रजासत्ताकामध्ये झिस्तर व दुनाई या नद्यांमध्ये तो आदळतो. त्याचे वाताशय त्याच्या पचनमार्गाशी रुंद अशा वाहिनीने जोडलेले असते. पाण्याबाहेर तोंड काढून हा मासा आपले वाताशय हवेने भरतो. या वाताशयाभोवती रक्तवाहिन्यांचे जाळे असते व त्यातील रक्तप्रवाहात प्राणवायू सहजगत्या मिसळतो. अधूनमधून वापरलेल्या हवेचे उत्सर्जन अंबर करीत राहतो, त्यामध्ये अर्थातच कार्बन डायॉक्साईडचे प्रमाण जास्त असते. वाताशयामार्फत श्वसनक्रिया ही अंबरच्या बाबतीत सोपी क्रिया नव्हे. जर ताजी हवा मिळाली नाही तर हा मासा चोवीस तासांपेक्षा अधिक काळ जगूच शकणार नाही.

इतर अनेक माशांचे हवेवाचून अडते खरे पण ते इतर कारणांसाठी. अनेक जातीच्या माशांच्या पिल्लानी जन्मानंतर एकदा तरी श्वास आत घेतलाच पाहिजे. हे सोपे जावे म्हणूनच प्रजननासाठी मासे उथळ पाण्याची निवड करतात. अंतःश्वसन झाले नाही तर पिलाना पृष्ठभागापर्यंत वर येणे अशक्य होते. या पिलाना आपले वाताशय भरण्यास हवेची आवश्यकता असते. पिले जेव्हा काही दिवसांचीच असतात तेव्हा वाताशय आणि पचनमार्ग याना जोडणारी वाहिनी बंद होणे शक्य असते. तसे झाल्यास पिलाना इच्छेनुसार स्वतःचे विशिष्टगुरूत्व कमी करणे अशक्य होते आणि ती गुदमरून मरतात.

इतर माशांची वाताशये बंद नसतात. अगदी वृद्धापकाळीसुद्धा, ते पृष्ठभागी आले असता शुद्ध हवा आत घेऊ शकतात आणि खाली जाता जाता जादा हवा बाहेर टाकतात. तथापि पृष्ठभागी येणे हे तितकेसे सुरक्षित नसते. अशा परिस्थितीत वाताशयात हवेचे योग्य प्रमाण रहावे म्हणून मासे वेगळी पद्धत अनुसरतात. आणि ती म्हणजे त्यांच्यामधील वायू-ग्रंथिद्वारा वाताशयात आवश्यक हवेचे स्त्रवण.

श्वसनक्रियेचा अभ्यास करताना सुरुवातीच्या दिवसात असे मत मांडले गेले की फुफ्फुसात प्राणवायू शिरल्यावर तो वायुकोशांच्या भित्तींमार्फत रक्तप्रवाहात मिसळतो. पण हा विचार पुढे त्याज्य ठरला. ज्या माशांचे आशय बंद असते त्याना दुसरा पर्यायच नसतो. वायू-ग्रंथीचा जो मुख्य क्रियाकारक भाग असतो तो मोठा नवलपूर्ण असा जाळिदार असून त्यामध्ये एकापुढे एक याप्रमाणे जोडलेल्या तीन केशाकर्षक गुणधर्माच्या रचना असतात. या जाळ्यात जे काही रक्त सामावले जाते ते एका थेंबापेक्षा जास्त नसते. तथापि या जाळीमार्फत जे क्षेत्रफळ व्यापले गेलेले असते ते मात्र विस्तृत असते. कारण, हे जाळे ८८ हजार रोहिण्या आणि ११६ हजार धमन्यानी मिळून तयार झालेले असते. त्याची एकूण लांबी एक हजार कि. मी. सहज भरेल. या वायुग्रंथीत इतर सूक्ष्मवाहिकाही असतातच. आशयात पाझरणाऱ्या स्त्रावाचे प्राणवायू व नत्रवायू यात विघटन होत असावे असा कयास आहे.

वाताशयातील वायू सभोवतालच्या हवेतून घेतलेला नसून वायुग्रंथींमार्फत निर्माण झालेला असतो. साहजिकच त्याचे व बाह्य हवेचे घटक भिन्न राहतात. वाताशयातील हवेत प्रामुख्याने प्राणवायू असून त्याचे प्रमाण प्रसंगी ९० टक्के भरते.

पाणबुड्याचा पोशाख आणि जलफुफ्फुसे

या पृथ्वीचा दोन-तृतियांशपेक्षाही जास्त भाग पाण्याखाली असून फक्त एक-तृतियांश भागच काय तो कोरड्या जमिनीचा आहे. पाण्याच्या या अमर्याद विस्ताराने मानवास फार पूर्वीपासून आकर्षित केले असून फार प्राचीन काळातील लोकांपासून ते आजतागायत त्याचा शोध घेतला जात आहे.



पाण्याखाली जास्तीत जास्त वेळ राहण्यास उपयोगी आणि श्वसनासाठी एका खास नळीमार्फत दाबयुक्त हवेचा पुरवठा करण्याची पद्धत अथवा पाणबुड्याचा पोशाख वापरात येण्यास मात्र एकोणिसावे शतक उजाडले. पुढे तळबाजू उघडी असणारी घंटा ऊर्फ "कुसुल" शोधिले गेले. ही घंटा तळाशी सोडून तिच्याखाली हवा भरली जाते. यामुळे आतील लोकाना पाण्याखालची विविध कामे करणे शक्य होते.

कुसुलमधील काम करणारे पाणबुडे वगळता इतरांवर वायुवाहक नलिकेच्या लांबीची मर्यादा पडते. नलिकेला पर्यायी असा काही उपाय – उपकरण – वापरता येईल काय याचा शोध चालूच राहिला. अगदी अलिकडच्याच काळात शास्त्रज्ञाना त्यात यश मिळाले आहे. दाबयुक्त हवा किंवा प्राणवायूने भरलेल्या बाटल्या असणारा आणि पाण्याखाली मोकळेपणे अधिक वेळ काम करण्यास उपयोगी पडणारा असा जल-फुफ्फुसयुक्त पोशाख अस्तित्वात आला.

प्राणी जेव्हा जमिनीकडून पाण्यात जाऊ लागले तेव्हा त्यांच्यासमोरही हाच प्रश्न होता. माणसाप्रमाणेच त्यानी मार्ग अनुसरला आणि पाण्याखाली वावरण्याची कल्पना लक्षावधी वर्षांपूर्वीच अस्तित्वात आली.

परंतु, माणसाप्रमाणे फक्त पाण्यातच त्याना वावरावयाचे नव्हते तर अजिबात प्राणवायू नसलेल्या इतर प्रकारच्या द्रवपदार्थानाही त्याना तोंड द्यावयाचे होते. अशा परिस्थितीत हवेचा साठा बाहेरून करून घेण्याखेरीज दुसरा उपायच नव्हता. प्राण्यांच्या शरिरात व वनस्पतींमध्ये राहणारे परोपजीवी प्राणी अशाच परिस्थितीत जीवन जगतात.

मोठ्या आकाराच्या आफ्रिकन टोळाच्या शरिरात राहणाऱ्या परोपजीवी बारीकशा आळ्या टोळाच्या एखाद्या श्वसननलिकेतून आत शिरतात. सुरुवातीस या राहत्या घराच्या "भिंती" खाऊन त्या वेगाने वाढत असतात. मग त्यांची जागेअभावी कुचंबणा होऊ लागते. यावर उपाय म्हणून श्वासनलिकेस भोक पाडून ही आळी टोळाच्या शरिरात शिरते. पण तेथे श्वसनार्थ हवा नसते आणि आळीला तर हवेची गरज असते. अशा वेळी सर्व पाणबुडे जे करतात तेच ही आळी करते. स्वतःसाठी वायूमार्ग निर्माण करते. टोळाच्या कायटीनमय अशा टणक थरास भोक पाडून त्यास आपल्या पोटाचा शेवटचा भाग टेकवून ठेवते. या भागातून लवकरच श्वसननलिका निर्माण होते. अशा तऱ्हेने पाणबुड्यास ज्या प्रमाणे नलिकेमार्फत बाह्य हवेचा पुरवठा होतो तव्दतच आळीसही नलिकेमार्फत हवेचा पुरवठा होत राहतो. ही श्वसननलिका हळूहळू वाढत जाते आणि आळी अधिकाधिक खोलवर शिरू शकते. खुद्द आळीच्या दुप्पट लांबीपर्यंत ही श्वसननलिका वाढू शकते.

एरिस्टालिस (Eristalis) माशाना (कॉमन ड्रोन फ्लाय (Common drone fly) हे त्या वर्गातील माशीचे अगदी परिचित उदाहरण होय) आळ्याना खऱ्या पाणबुड्याप्रमाणेच सहज लांबविता येणारी आणि लांबलचक अशी वक्रनलिका – निनाल – असते. या आळ्या पाण्याच्या तळाशी असणाऱ्या दलदलीत राहतात आणि पाणी जर उथळ असेल तर पृष्ठभागावर आपली वक्रनलिका पोचवून, दलदलीतून बाहेर न पडता आरामात श्वसनक्रिया साधतात.

पाण्यातील कीटकांचे पूर्वज हे जमिनीवर राहणारे प्राणी होते. पुढे जरी त्यांचे जलाशयांमध्ये स्थलांतर झाले तरी त्यामुळे त्यांच्या श्वसनपद्धतीत जाणवण्याइतपत फरक पडल्याचे दृष्टोत्पत्तीस येत नाही. फक्त हवा वापरत पाण्यात वस्ती करण्याच्या दृष्टीने त्यानी हवेचा साठा करण्याची क्षमता प्राप्त केली एवढाच काय तो बदल केला गेला. पाण्याखाली बराच वेळ वावरण्यासाठी पाणबुडे आधी आपल्या जलफुप्फुसात हवा भरून घेतात तसाच हा

प्रकार. युरोपियन डाइव्हिंग बीटल नामक कीटक आपल्या पंखाखाली हवेचा साठा करतो तर बॅक्स्वीमर आपल्या पोटाखाली हवा साठवितो, पाण्याने ओले न होणाऱ्या केसांच्या सहाय्याने हवेचे बुडबुडे योग्य जागी धरून ठेवलेले असतात. श्वसनेंद्रियांची तोंडे जेथे असतात तेथे हे हवेचे बुडबुडे चिकटविलेले असून तेथून जरूर तो प्राणवायू कीटक मिळवितात.

कोळयांच्या बाबतीत हीच परिस्थिती आढळते. त्यापैकी अनेक जमिनीवर वावरणारे असून फुफ्फुसांच्या खास थैल्यामार्फत श्वसन करतात. त्यांच्यापैकी पाणकोळी किंवा रूपेरी कोळी हा वैशिष्टचपूर्ण म्हटला पाहिजे कारण इतरांप्रमाणे जमिनीएवढाच तो पाण्याचा आश्रय घेणारा आहे. त्याच्या शरिरावर मऊ व हलके असे पिसांसारखे सूक्ष्म आवरण असून ते जलरोधक वा पाण्याने ओले न होणारे असते. जेव्हा तो पाण्यात बुडी मारतो तेव्हा या आवरणास हवेचे छोटे छोटे असंख्य बुडबुडे चिकटतात आणि सारे शरीर हवेनेअवगुंठित होते. पाण्यात हे बुडबुडे चकाकतात आणि एखाद्या रूपेरी गोळयाप्रमाणे हा कोळी दिसू लागतो. आपल्या पोटाच्या टोकासही तो पाण्याबाहेर काढून एखादा मोठा बुडबुडा चिकटवितो आणि नंतर तो पाठीमागच्या पायात पकडून पाण्यात शिरतो.

पाण्यातील वनस्पतीसन्निध आल्यावर हा पाणकोळी आपले जाळे, जमिनीवरील आपल्या जातभाईप्रमाणेच पसरवतो. सुरुवातीस जाळे पसरट असते परंतु त्याखाली हवेचे बुडबुडे जमा होऊ लागल्यावर ते एखाद्या टोपणाप्रमाणे-(अंगुस्तानासारखे) आकार घेते. अशा तऱ्हेने एक लघू कुसुलच तयार होतो आणि त्यामध्ये पाणकोळी आपले जीवन कंठतो. मादी जी अंडी घालते त्यामधून बाहेर पडणारी पिले याच कुसुलात वाढतात.

पाणकोळयाचे हे वसतीस्थान आणि कुसुल किंवा जलफुफ्फुसे यातील साम्य अर्थातच दृष्यस्वरूपाचे आहे. प्रत्यक्षात अंतर्भूत असणारी क्रिया फारच गुंतागुंतीची असते. या कीटकाने नेलेले हवेचे बुडबुडे म्हणजे एक साठा असतो. तसेच त्यामार्फत सभोवतालच्या पाण्यातील प्राणवायू खेचून घेण्यासही ते उपयुक्त असतात. या तंत्रास "भौतिकी-फुफ्फुसे" असे खास नाव मिळाले आहे.

सर्वांना हे ठाऊकच आहे की हवा ज्या वायूनी मिळून बनलेली आहे ते सारे घटक पाण्यात विरघळलेल्या अवस्थेत असून त्यांचे प्रमाण हवेतील घटकांच्या प्रमाणात असते. जेव्हा कीटक श्वसन करतो तेव्हा बुडबुडचातील प्राणवायूचे प्रमाण कमी होते आणि हे प्रमाण जेव्हा १६ टक्क्यांहून कमी होते

तेव्हा, पाण्यातील विरघळलेला प्राणवायू त्या बुडबुडचात विसरण क्रियेने पसरू लागतो. अशा प्रकारे बुडबुडचातील प्राणवायूच्या साठचाची वेळोवेळी भरपाई होत राहते.

कीटक जेव्हा स्वस्थ पडून असतो त्यावेळी प्राणवायूचा साठा साहजिकच बेताचा असतो; आणि ह्या जलीय फुफ्फुसांमार्फत त्याचा पुरवठा दीर्घकाळ चालू राहतो. पण प्राणवायूच्या खपाचे प्रमाण खूप जास्त असेल तर सभोवतालच्या पाण्यातील प्राणवायूचे विसरण हवे त्या प्रमाणात होत नाही. म्हणजेच बुडबुडचातील प्राणवायूची पूर्ण भरपाई न होता उलट तो कमी कमी होत जातो. इतर वायूचे प्रमाण एवढे वाढते की ते हवेतील नेहमीच्या प्रमाणापेक्षा जास्त होते, यामुळे नत्रवायू पाण्यात विरघळू लागतो. श्वसनामुळे प्राणवायू आणि विरघळण्यामुळे नत्रवायू कमी कमी होत जातात. मग हवेची भरपाई लेंरण्यास कीटकास पृष्ठभागी येण्याखेरिज दुसरा मार्गच उरत नाही.

कीटकांमार्फत वाहून नेला जाणारा हवेचा साठा काही फार मोठा नसतो. शिवाय पाण्यातील प्राणवायूची भरपाई होत गेली नसती तर तो फार काळ टिकलाही नसता. जेथे विसरण अशक्य तेथे अशी परिस्थिती उद्‌भवते. बॅक-स्वीमरसारखे कीटक जर उकळलेल्या पाण्यात ठेवले तर ते नक्कीच मृत पावतील, कारण पाणी उकळण्यामुळे त्यातील विरघळलेले वायू वेगळे होतात, साहजिकच प्राणवायूची भरपाई होणार नाही.

हे कीटक केवळ प्राणवायू विरघळलेल्या पाण्यात ठेवले आणि साठा म्हणून असाच शुद्ध प्राणवायू वापरला तरी वरील प्रमाणेच परिस्थिती उद्‌भवेल. हा साठा अर्ध्या तासापेक्षा जास्त वेळ टिकणार नाही कारण अशा परिस्थितीत विसरणाची क्रिया घडून येणार नाही. हवेची भरपाई जरी झाली नाही तरी बॅकस्वीमर पाण्यात साधारणतः सहा तास राहू शकतो. पाण्यातील प्राणवायूचा विसरण मार्गे बुडबुडचात प्रवेश होत असतो हे लक्षात घेता, हवेची भरपाई न होता देखिल कीटक पाण्यात कितीतरी जास्त वेळ राहू शकतात.

प्राणवायूचा अगदी अल्पसा वापर करणारे छोटे कीटक, हवेची भरपाई न होऊनही बराच वेळ जगू शकतात. बुडबुडचातील नत्रवायूच्या कमतरतेचा त्याना जेवढा त्रास होतो तेवढा प्राणवायूच्या कमतरतेमुळे होत नाही. एखाद्या नाजूक ब्रशने पाण्यातील बुडबुडे वेगळे करून त्याऐवजी नत्रवायूचे बुडबुडे सोडले तर वॉटर-बग्सारख्या कीटकाना बराच वेळपर्यंत काहीच क्षिती पोहो-

चणार नाही. कारण, असे नत्रवायूचे बुडबुडे पाण्यातील प्राणवायू जलद गतीने सामावून घेतील आणि श्वसनासाठी त्याचा वापर केला जाईल.

काही कीटकाना, हवेच्या भरपाईसाठी, स्वतःहून पृष्ठभागी येणे शक्य नसते. एकमेकांशी संबंधित अशा उवांच्या अनेक जाती सील प्राण्यांवर असतात. हे परोपजीवी प्राणी आपल्या यजमानास कधीच सोडून जात नाहीत आणि सील जेव्हा पाण्यातून बाहेर येतो तेव्हाच त्या आपल्या हवेच्या साठ्याची भरपाई करून घेतात. परिणामी, दीर्घकाळ पाण्यात राहणे त्यांच्या अंगवळणी पडले.

सीलच्या शरिरावर राहणाऱ्या उवांच्या ज्या जाती आहेत त्यांच्या छातीवर आणि पोटावर रुंद अशा पापुद्र्याचे (खवल्याचे) आवरण आढळते व त्यायोगे मोठ्या प्रमाणात त्याना हवा साठविता येते. ज्या जाती सीलच्या डोक्यावर राहतात त्याना असा पापुद्रा नसतो, कारण सील स्वतःच हवेचे श्वसन करीत असल्यामुळे त्यास वरचेवर पाण्याबाहेर डोके काढावेच लागते.

चक्रव्यूही नलिकांचे श्वसनेंद्रिय असणाऱ्या माशांची पिलेही जल-फुप्फुसांचा उपयोग करतात. त्यासाठी, लाळेसदृश द्रावात अडकलेल्या बुडबुड्यांचे एक खास "घर" त्यांच्या आईबापाना तयार करावे लागते. नवजात पिले या द्रावाच्या पातळ पापुद्र्याने किंवा थराने वेढलेली असतात आणि बुडबुड्यांसह तरंगत असतात. अशा तऱ्हेने पुरेसा प्राणवायू त्याना मिळतो. प्राणवायूची कमतरता हवेमार्फत भरून काढली जाते.

प्राणवायू भरपूर प्रमाणात असणाऱ्या परिसरात राहणारा पॉलिॲकँथस (Polyacanthus) हा मासा आपले घर पाण्याच्या पृष्ठभागावर तयार न करता एखाद्या पाणवनस्पतीच्या रुंद पानाखाली किंवा दगड अथवा फांदीखाली बनवतो. पाण्यात प्राणवायू असल्यामुळे जल-फुप्फुसे पाण्याखालीही काम करू शकतात. कोणत्याही ऋतूत हा पॉलीॲकँथस मासा घर तयार करतो आणि त्याचा प्रजननाच्या काळीच नव्हे, तर स्वतःसाठी हवा साठविण्याची एक जागा म्हणूनही त्याचा वापर करतो. यामुळे माशास तळाशी, दाट झुडुपाखाली किंवा मोडक्या तोडक्या फांद्यांच्या ढिगाखाली राहता येते. या साठ्यातून पॉलिॲकँथस प्राणवायूने समृद्ध हवा घेतो आणि कार्बन डायॉक्साईड मिश्रित नत्रवायूचा बुडबुडा परत ठेवतो. प्राणवायूने समृद्ध आणि कार्बन डायॉक्साईड विरहित बनवण्यासाठीच हा बुडबुडा ठेवला जातो. त्याच्या घरट्यात जेव्हा अजिबात नत्रवायू नसेल तेव्हाच तो हवेसाठी पृष्ठभागी येतो.

आपला ग्रह प्राणवायूने समृद्ध असल्यामुळेच की काय, त्याचा मोठ्या प्रमाणात साठाकरण्याचे तंत्र प्राणी शिकले नसावेत. पृथ्वीवरील काही मोजके मोजकेच रहिवासी स्वतःसाठी प्राणवायूचा मोठा साठा करू शकतात आणि पुष्कळसे अत्यल्प प्रमाणातच तो साठवितात.

हे खरेच की फुप्फुसाच्या वायुकोशातील केशवाहिन्यांमधून जाण्यास रक्तास केवळ दोन सेकंद लागत असले तरी, वायुकोश आणि रक्तातील हवेमध्ये प्राणवायूचे संतूलन निर्माण करण्यास हा कालावधी पुरेसा असतो. तथापि या वेळात रक्तात विरघळू शकणाऱ्या प्राणवायूचे प्रमाण अगदीच अत्यल्प म्हणजे रक्तद्रवाच्या दर घन सें. मी. मध्ये ०.००३ घन सें. मी. असते. एखाद्या प्राण्यास जर अशा मार्गाने पुरेसा प्राणवायू मिळवावयाचा असेल तर त्याच्या फुफ्फुसाचे आकारमान आणि त्यातून वाहणाऱ्या रक्ताचे प्रमाण सर्वसाधारणपणे शंभर पट वाढविले पाहिजे आणि हे केवळ अशक्य आहे.

निसर्गाने यासाठी वेगळा मार्ग अनुसरला. प्राणवायूशी सहजगत्या संयोग पावणारा आणि साध्या विद्रावापेक्षा कितीतरी अधिक पटीने तो धारण करण्याची शक्ती असणारा पदार्थ रक्तात मिसळून दिला. पेशीना अशा साठविलेल्या प्राणवायूचा उपयोग करता यावा या दृष्टीने अशा पदार्थामार्फत जरूर तेवढा प्राणवायू चट्दिशी मोकळाही करावयास हवा. हा पदार्थ म्हणजे रक्तारूण ऊर्फ हीमोग्लोबिन होय. श्वसनाच्या दृष्टीने त्याच्या अंगी दोन गुणधर्म हवेत. जेव्हा रक्त फुफ्फुसात असते त्यावेळी तेथे प्राणवायूही भरपूर प्रमाणात असतो. अशा वेळी हीमोग्लोबिन प्राणवायूशी तात्काळ संयोग पावते. एक घन सें. मी. रक्त ०.२ घन सें. मी. प्राणवायू (किंवा रक्ताच्या आकार मानाच्या २० टक्के) वाहून नेते आणि शरिरात इतरत्र त्याचा पुरवठा करते.

काही अवयवाना उदा. स्नायूना, अधिक प्रमाणात प्राणवायूची जरूरी असते. पैकी कित्येक स्नायू तर सातत्याने अनेक तास कार्य करीत असतात. असे स्नायू पायात आणि पंखात तसेच चर्वणकामाच्या ठिकाणी आढळतात, तर श्वसनेंद्रिय आणि हृदयाच्या स्नायूंचे काम कधीच बंद नसते. असे आढळून आले आहे की या स्नायूना काम करता करता प्राणवायूचा पुरवठा

करणे अशक्य असते, कारण ते जेव्हा आकुंचन पावतात तेव्हा रक्तवाहिन्या संकोच पावून त्यामधून रक्तप्रवाह वाहू शकत नाही.

या स्नायूंमधील उती, स्नायू-हीमोग्लोबिनमध्ये साठविलेल्या प्राणवायूचा वापर करतात. हा पदार्थ, रक्त-हिमोग्लोबिनशी अगदी मिळताजुळता असाच असतो. मात्र, स्नायू-हीमोग्लोबिनची प्राणवायू मिळविण्याची आणि तो टिकवून ठेवण्याची क्षमता अधिक असते. सभोवतालच्या परिसरातील प्राणवायूची पातळी तेव्हा खूपच कमी होते तेव्हाच त्यातील प्राणवायू मोकळा होतो. नियततापी प्राण्यांतील हृदयाच्या स्नायूंमध्ये ०.५ टक्के स्नायू-हीमोग्लोबिन असते व त्यामार्फत प्रत्येक एक ग्रॅम स्नायूमागे दोन घन सें. मी. प्राणवायूचा साठा होऊ शकतो. रक्तपुरवठा ज्या काळात बंद असतो त्यावेळी नेहमीचे कार्य चालू ठेवण्यास हा साठा पुरेसा ठरतो.

पाण्यात दीर्घकाळ राहणाऱ्या सस्तन प्राण्यानी आणि जल पक्षानी (उदा. पाणकोंबडा) आपल्या अगदी महत्त्वाच्या स्नायंमध्ये मोठ्या प्रमाणात स्नायू-हीमोग्लोबिनचा साठा केलेला असतो. अशा तऱ्हेने हे स्नायू म्हणजे प्राणवायूची मोठाली संचयगृहेच ठरतात. यामुळेच वसा-तिमि ऊर्फ स्पर्म व्हेल (Sperm-whale) पाण्याखाली पन्नास मिनिटांपर्यंत राहू शकतो आणि शिवाय या काळात तो मोठाली अंतरे काटतो. सुसर (मगर) तर याहीपेक्षा जास्त वेळ म्हणजे दोन तासांपर्यंत पाण्याखाली राहू शकते.

आपल्या वातावरणात प्राणवायू अगदी भरपूर प्रमाणात तर आहेच शिवाय खर्ची पडलेला प्राणवायू हरित-वनस्पतींमार्फत सातत्याने भरून काढला जातो. यामुळे, माणसास प्राणवायूचा तुटवडा कधीच भासणार नाही असे सकृतदर्शनी वाटेल. तथापि, हा आशावाद मावळत आहे असे मोठ्या खेदाने म्हणावे लागेल.

काही वर्षांपूर्वी जपानमध्ये अगदी सर्वसामान्य दैनंदिन परिस्थितीमध्ये देखील प्राणवायूचा साठा करून ठेवण्याची आवश्यकता निर्माण झाली. टोकिओ आणि इतर काही प्रमुख शहरांमधून वाहनांची अखंड ये-जा चालू असते आणि या वाहनांमधून बाहेर पडणारा धूर (कार्बन डायॉक्साईड व कार्बन मोनॉक्साईड) सभोवतालचे वातावरण विषारी करून टाकतो. अशा हवेत जरी पुरेसा प्राणवायू असला तरी तो श्वसनयोग्य नसतो.

रहदारीचे नियंत्रण करणारे आणि इतर कर्मचारी वर्ग अशा हवेत पूर्ण वेळ आपले काम करू शकत नाहीत. त्यांच्यावर या वीषबाधेचा परिणाम

होऊ नये यासाठी त्याना अधूनमधून प्राणवायू पुरविणे क्रमप्राप्त ठरते. आता, त्यांच्यासाठी दाबयुक्त हवेने भरलेल्या नलिका ठिकठिकाणी ठेवण्याची प्रथाच पडली असून त्यामुळे हे कर्मचारी अधूनमधून शुद्ध हवा वापरत असतात. एवढेच नव्हे तर पादचाऱ्यांसाठी टोकियोच्या रस्त्यावरून प्राणवायूची यंत्रे बसविली गेली असून त्यात नाणे टाकून प्राणवायूचा उत्साहवर्धक "घोट" घेता येतो.

अत्यल्प किंवा अजिबात प्राणवायू नसणारी अशी अनेक स्थळे या पृथ्वीवर आहेत. तसे होण्यास सजीव प्राणीच कारणीभूत असतात. त्यामध्ये जीवजंतू अग्रगण्य असून ते फार मोठ्या प्रमाणात प्राणवायूचा फडशा उडवितात. एक मिलिग्रॅम वजनाचे जीवजंतू एका तासात २०० घन मिलिग्रॅम प्राणवायू फस्त करतात. त्यांच्या तुलनेने समान वजनाच्या स्नायूस काम करताना फक्त २० घन मिलिग्रॅम प्राणवायू लागतो आणि इतर वेळी (विश्रामकाळात) तर अवघ्या अडीच घन मिलिमिटर प्राणवायूची जरूरी असते. जीवजंतू आणि इतर सूक्ष्मजीवांमुळे पृथ्वीचे कित्येक कानेकोपरे जगण्यास अयोग्य ठरले असून अशा प्रतिकूल जागी राहण्यासाठी प्राणिमात्राना नामी युक्त्या अंमलात आणाव्या लागल्या.

अशाच एका प्रतिकूल जागेत विद्युत्-वाव (Electric eel) यशस्वीरीत्या राहतात. हे मोठे मासे दलदलीत आणि लहान नद्यात किंवा नाल्यात आढळतात. पावसाळ्यात या जागा मातट पाण्याने भरून जातात परंतु त्यातील प्राणवायूच्या मुबलक प्रमाणामुळे या प्राण्यांच्या श्वसनक्रियेमध्ये काहीच अडचण निर्माण होत नाही. नंतर मात्र नदीनाले कोरडे पडतात, उथळ होतात, दलदल शुष्क होत जाते आणि ठिकठिकाणी छोटी तळीच काय ती उरतात. कडक उन्हामुळे हे पाणीही तापते, वनस्पती कुजतात आणि सूक्ष्म जीवांची वेगाने व अनेक पटीने निर्मिती होत जाते. त्यामार्फत हवेतील प्राणवायूचा विरघळण्याच्या गतीपेक्षाही अधिक गतीने वापर होऊ लागतो. यामुळे पाण्यातील प्राण्यांची श्वसनक्रिया अधिकाधिक कठीणे होत जाते.

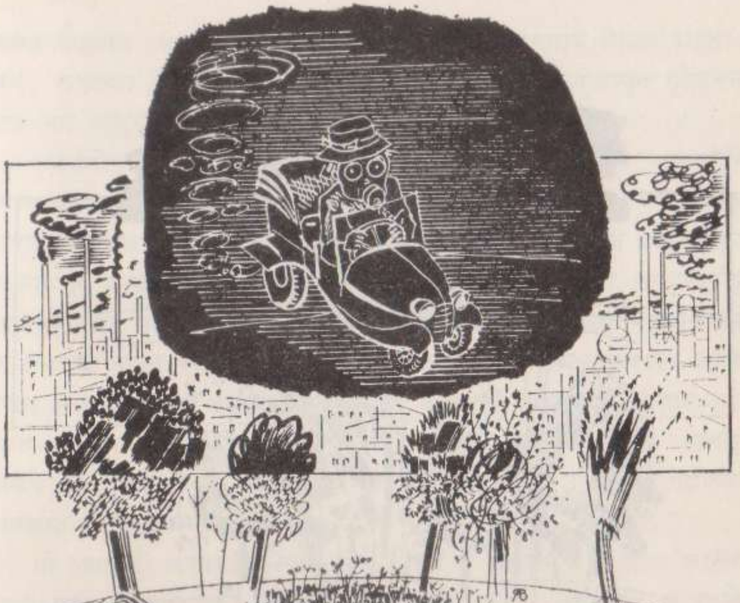
केवळ विद्युत-वावलाच ह्या आपत्तीची झळ पोहोचत नाही आणि प्राणवायूची कमतरता भासत नाही. शिवाय, त्याना खाद्यही भरपूर उपलब्ध असते. कारण, या कोरड्या होत जाणाऱ्या जलाशयातील सारे प्राणी, जेथे हे विद्युत-वाव असतात त्या जागेकडेच आकर्षित होतात. प्राणिरूपातील या ऊर्जा-केंद्रांबाबत पुढे विवेचन येणारच आहे, परंतु येथे एकाच गोष्टीचा

उल्लेख करावयाचा आहे. तो म्हणजे विद्युत-वाव भक्ष्याचा शोध घेत नाही. शिवाय पाणी एवढे दाट व गढूळ असते की त्यात काही दिसूच शकत नाही, त्यात एखादा प्राणी सापडलाच तर तो केवळ योगायोगानेच. विद्युत-वाव आपले भक्ष्य मारतात ते तीव्र अशा विद्युत धक्क्याने, तसे करताना प्राणी कोणता आहे हे पाहण्याचीही त्याना जरूरीही नसते. पण मग प्राणी विद्युत-वावींकडे आकर्षित का होत असावेत? जलाशयातील उत्तम जागी हे मासे असतात म्हणून? तर तसेही नाही प्राणी त्यांच्याकडे आकर्षित होतात कारण हे भयावह मासे सभोवतालचे पाणी प्राणवायूने समृद्ध करतात. ६०० व्होल्टच्या विद्युत शक्तीमुळे पाण्यातील प्राणवायू व हायड्रोजन हे घटक वेगळे होतात. अशा या जीवदायी पाण्याकडे, प्राणवायूचे भुकेले मत्स्यादी प्राणी चारी दिशानी धाव घेतात.

विजेमुळे विद्युत-वावांच्या शरिरातील पाण्याचेही विघटन होते आणि वेगळा झालेला प्राणवायू रक्तामार्फत साऱ्या शरीरभर त्वरित वाहून नेला जातो. हायड्रोजन मात्र बाहेर फेकणे आवश्यक असते. तो कल्ल्यातून बाहेर पडतो आणि त्यामुळे पृष्ठभागावर छोट्या बुडबुड्यांचे जणू कारंजेच तयार होतात. पण त्यामुळेच हा भीतीदायक मासा कोठे असावा याचा अंदाज येतो आणि त्याला मारण्यात कोळीलोक क्षणही वाया घालवित नाहीत.

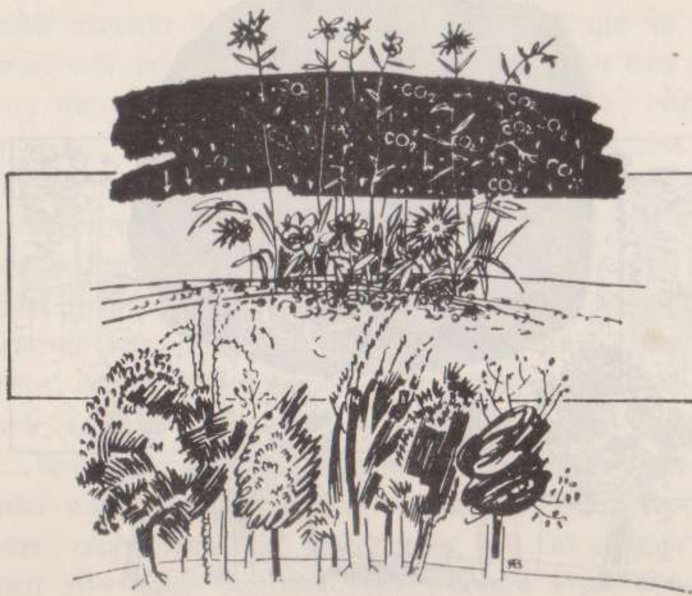
विद्युत-वावांखेरीज, लेपिडॉसिरेन (Lepidosiren) नामक आणखी एक वैशिष्टचपूर्ण मासा दक्षिण अमेरिकेतील दलदलीत राहतो. पूर्णतया शुष्क झालेल्या दलदली जागेत, जेथे पावसाळ्यातही प्राणवायू अत्यल्प असतो अशा ठिकाणीसुद्धा तो जगू शकतो. पूर्ण वाढीचे हे मासे या अत्यल्प प्राणवायूवर निभावून नेतात. त्यांच्या वाताशयाचे दोन भागात रूपांतर झालेले असणिते आ त्यांचा श्वसनेंद्रियासारखा वापर होतो. ते श्वसनार्थ हवाच वापरतात खरे, तथापि, त्यांच्यापुढे खरा प्रश्न असतो तो हा की अशा पाण्यात नवजात पिलाना वाढवावयाचे कसे? यासाठी लेपिडोसिरेननी पिलाना प्राणवायू पुरविण्याची मोठी कल्पकता दाखविली आहे, आणि ही जबाबदारी उचलली आहे नराने! पावसाळ्यास सुरुवात होताच तळाशी एखादे छोटे पण बऱ्यापैकी बीळ तो शोधून काढतो आणि मादीसह त्यात जातो. तेथे मादी अंडी घालते आणि पिले निपजताच ती शांतपणे निघून जाते, सारी जबाबदारी नरावर सोपवून!

प्रजननाचा काळ आला असता नर लेपिडोसिरेन जणू आपला विवाहाचा



पोशाख चढवितो! हा पोशाख म्हणजे त्याच्या पोटाच्या कंगोऱ्यांवर फुटणारे चांगले लांबलचक दोरासारखे धुमारे (शुंडिका) असतात. या मजेदार पोशाखात मादीशी प्रियराधन करणारा किंवा ह्या धुमाऱ्यांचे पिलांवर जणू छत्र धरणारा नर पाहणे मोठे आकर्षक असते. केवळ मादीला आकर्षित करण्यासाठीच नव्हे तर धुमाऱ्यांच्या स्वरूपातील पोकळ नलिकांमार्फत नवजात पिलाना प्राणवायूचा पुरवठाही केला जातो. नराचे हे तात्पुरत्या स्वरूपाचे धुमारे सूक्ष्म रक्तवाहिन्यानी व्यापलेले असतात, त्यामुळे रक्तातील प्राणवायू सभोवतालच्या पाण्यात मिसळला जातो. नराला पृष्ठभागातून प्राणवायू सहजगत्या मिळविता येतो व त्यायोगे स्वतःचे रक्त तो प्राणवायूने समृद्ध करतो. सभोवतालच्या पाण्यात हा प्राणवायू अधिक गतीने सोडला जातो.

जलाशयांमध्ये आणखी एका मार्गाने प्राणवायू मिळतो. आणि हा मार्ग म्हणजे वनस्पती. जर पाण्यात थोड्याशाच वनस्पती असतील आणि पाणी संपृक्त होण्याइतपत प्राणवायू जर त्यांच्यामार्फत मोकळा होत नसेल तर अनेक कीटक या झुडुपांवरच वसती करून राहण्याचे पसंत करतात कारण ह्याच जागी प्राणवायूचे प्रमाण अत्याधिक असते.



या वनस्पतींवर प्राणवायूचे छोटाले बुडबुडे पुष्कळदा आढळतात. मॅक्रोप्लिआ (Macroplea) नामक भुंगे आपल्या छोट्या पायानी हे बुडबुडे पकडतात आणि सोंडेनजीक ठेवतात. काही वेळाने बुडबुडा नाहीसा होतो व त्यामुळे या कीटकानी आपल्या सोंडेमार्फ श्वसन केले अशी समजूत होते. जर वायूंचे बुडबुडे उपलब्ध नसतील तर वनस्पती तोडून त्यातून हवा निसटण्याची ते वाट पाहतात. पाण्यातील टोका नामक कीटक हाच मार्ग अनुसरतात.

मॅक्रोप्लिआ आणि डोनिशिया (Donica) भुंग्यांच्या आळया वनस्पतींवर छेद करतात आणि आपले श्वसनरंध्र त्यावर टेकवितात. इतर कीटक आपला सुईसारखा अवयव वनस्पतींमध्ये घुसवून आतील आंतरपेशीय प्राणवायू शोषून घेतात. प्राणवायूने समृद्ध अशा या आंतरपेशीय जागा म्हणजे या कीटकांच्या आवडत्या जागाच!

ब्राझिलियन पॅरॅपोनिक्स (Brazilian paraponyx) नामक सुरवंटाना अधिक डोकेबाजच म्हणावे लागेल. ते मुळी झाडाझुडपांच्या तुकड्यानीच आपले घर उभारतात आणि वेळोवेळी सडणारा, खराब होणारा भाग

बदलत राहतात. साहजिकच, या घरातच दिवसभर प्राणवायू मिळत राहतो. मात्र, रात्रीच्या वेळी वनस्पती कर्बवायू बाहेर टाकतात, त्यापासून गुदमरून जाऊ नये म्हणून मग या सुरवंटांना घराबाहेर पडावेच लागते.

पृष्ठवंशी प्राण्यांच्या पोटात आणि आंतड्यात आढळणाऱ्या प्राणवायूचे प्रमाण अत्यल्प असते. पण असेही जीव आहेत की ज्याना वरील जागांखेरीज इतरत्र राहण्यास जागाच नसते. बॉटफ्लाय (Botfly) माशीच्या बॉट नामक आळया हे याचे एक ठळक उदाहरण असून त्या घोड्याच्या पचनमार्गात राहतात. इतर सर्व कीटकांप्रमाणे या बॉट आळयांचे श्वसनेंद्रिय श्वसननलिकामय असून बाह्य जगात राहणाऱ्या आळयांच्या मानाने ते अधिक ताकदवान आणि जास्त शाखांचे असते. त्याना संयुग्मी असे रक्तवर्णी अवयवही असतात व त्यात मोठाल्या अशा अनेक तांबड्या पेशी असतात. प्रत्येक पेशीत श्वसननलिकेचे तोंड शिरलेले असते आणि त्याच्या अनेक शाखा (उपमार्ग) पेशीच्या प्राकलात गेलेल्या असतात.

या रक्तवर्णी अवयवांचे नेमके कार्य कोणते हे अद्यापि जरी स्पष्ट झालेले नसले तरी बॉटफ्लायच्या आळीस प्राणवायूचा पुरवठा करण्याचे महत्त्वाचे कार्य ते नक्कीच बजावत असले पाहिजेत. त्यामध्ये मोठ्या प्रमाणात हीमोग्लोबिन आढळते व त्यामुळेच पेशीना तांबडा रंग प्राप्त झालेला असतो. या हीमोग्लोबिनची अल्पशा वायूतील प्राणवायूशी संयोग पावण्याची क्षमता सस्तन प्राण्यांच्या तुलनेने शंभरपट जास्त असते.

जंत हे कृमी आतड्यात वसती करणारे असून सस्तन प्राण्यांमध्ये नेहमी आढळतात. त्याना प्राणवायूची जरूरी नसते, असे मत अगदी कालपरवापर्यंत रूढ होते. तथापि डुकरांच्या आतड्यात राहणाऱ्या जंतांमध्ये शास्त्रज्ञाना दोन प्रकारचे हीमोग्लोबिन आढळले. हे हीमोग्लोबिन दोन ठिकाणी एकत्रित झालेले आढळते, शरिराच्या भित्तींमध्ये आणि शरिराची पोकळी भरणाऱ्या द्रावामध्ये. खुद्द डुकरातील हीमोग्लोबिनच्या तुलनेने बाहेरील हीमोग्लोबिन २५०० पट आणि आतले हीमोग्लोबिन १०,००० पट अधिक काळ प्राणवायू टिकवून धरते.

जंतांचे जर प्राणवायूशिवाय चालत असेल तर मग त्याना हिमोग्लोबिनची जरूरी का भासावी? असे दिसून येते की दोन प्रकारच्या हीमोग्लोबिनची पद्धती, प्राणवायूची वाढती भूक भागविण्यासाठी उपयोगी पडत असावी. जेथे प्राणवायूची फारच कमतरता असते अशा ठिकाणी ती आदर्श ठरते.

याहीपेक्षा अगदी प्राथमिक स्वरूपाच्या जीवजंतूंमध्ये हिमोग्लोबिन नसतेच. साहजिकच सभोवतालच्या हवेतील प्राणवायू त्याना मिळविता येत नाही. पुष्कळदा, प्राणवायूचा अगदी अभाव असणाऱ्या परिस्थितीतही ते सापडतात. तरीसुद्धा ते समाधानी असतात. या त्यांच्या वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्मामुळे त्याना 'अवायुजीवी' (म्हणजे हवेशिवाय जगणारे) हे नाव मिळाले.

हे अवायुजीवी हवेवाचून कसे काय राहू शकतात? बराच काळ हे न सुटणारे कोडे असावे अशी समजूत होती. आता आपणास ठाऊक झाले आहे की त्यानाही प्राणवायू अवश्य लागतो. तथापि, हवेतून प्राणवायू घेण्याऐवजी ते सेंद्रिय पदार्थांतून तो मिळवितात. जीवजंतूचे काही प्रकार तर असेंद्रिय पदार्थांपासून प्राणवायू मिळवितात व त्यासाठी नायट्राईट व सल्फाईट संयुगेही वापरतात.

चयापचयाच्या क्रियेतून निर्माण होणाऱ्या पदार्थांचे ऑक्सिडिकरण हेच अवायुजीवी प्राण्यांचे श्वसन असते. त्यासाठी जादा प्राणवायू लागत नाही; ऑक्सिडिकरण पावणाऱ्या पदार्थांमध्ये जो काही प्राणवायू असतो तेवढाच त्याना पुरेसा ठरतो. कारण, जेव्हा पदार्थाचे ऑक्सिडिकरण होते तेव्हा प्राणवायूची भर टाकली काय किंवा हायड्रोजन वेगळा केला काय, फरक काहीच पडत नाही. ज्या मध्ये हायड्रोजनचे निष्कर्षण होते. अशा ऑक्सिडीकरणास किण्वन किंवा वितंजन म्हणतात. या क्रियेत सेंद्रिय पदार्थाचे विभाजन होऊन ऑक्सिडीकरण झालेला आणि क्षपित झालेला असे दोन पदार्थ मिळतात. याबरोबरच जीवास आवश्यक असणारी ऊर्जा मुक्त होते.

किण्वन-क्रियेचे एकपेशीय जीवांमध्ये आढळणारे उत्कृष्ठ उदाहरण म्हणजे ग्लूकोज अणूचे विघटन होय. या विघटनात एथिल अल्कोहोल चे दोन अणू (क्षपित पदार्थ) आणि कार्बन डायॉक्साईडचे दोन अणू (ऑक्सिडीकरण झालेला पदार्थ) तयार होतात.

बहु-पेशीय जीवांमध्ये, कीण्वनक्रियेचा अगदी ठळक प्रकार म्हणजे दुग्धाम्लीय कीण्वन हा होय. त्यामध्ये कार्बोहायड्रेट संयुगांचे विघटन होते. उदाहरणार्थ शर्करा अणूपासून दुग्धाम्लाचे दोन अणू तयार होतात आणि त्यांची ऊर्जा मूळ पदार्थापेक्षा कमी भरते. कार्बोहायड्रेटांचे विघटन ही एक क्रमाक्रमाने होत जाणाऱ्या प्रक्रियांची मालिका असते. परिणामी, शर्करातील आतल्या कार्बन अणूजवळ असणाऱ्या प्राणवायूचे बाहेरील कार्बन अणूकडे स्थानांतर होते. त्यातून ऊर्जा मुक्त होते.

ऑक्सिडीकरणाचा आणखी एक प्रकार असून त्यामध्ये इलेक्ट्रॉन ऱ्हास अंतर्भूत असतो. तथापि सजीवांमार्फत तो वापरला जाईल किंवा काय यासंबंधी पुरेसा अभ्यास झालेला नाही.

केवळ किण्वन-क्रियेमार्फत जर ऊर्जा मिळविता येते तर प्रश्न असा पडतो की मग सजीवाना वातावरणातील प्राणवायूची गरजच का भासावी? याची महत्त्वाची अशी अनेक कारणे आहेत. किण्वनक्रियेत पदार्थाचे संपूर्ण ऑक्सिडीकरण कधीच होत नाही, त्यामुळे थोडीशीच ऊर्जा मुक्त होते. जर एक ग्रॅम-अणू ग्लूकोजचे कार्बन डायॉक्साईड आणि पाणी यात पूर्णतया ऑक्सिडीकरण झाले तर ६७३ उष्मांक उपलब्ध होतात. किण्वनमार्गे — ज्यात एथिल अल्कोहोल आणि कार्बन डायॉक्साईड मिळतात — मात्र २५ उष्मांकच काय ते उपलब्ध होतात. याचाच अर्थ असा की अवायुजीवाना, वायुजीवी वापरत असणाऱ्या ग्लूकोजपेक्षा २७ पट जादा ग्लूकोज वापरणे आवश्यक आहे, म्हणजे मग दोघाना ऊर्जेचे समान प्रमाण उपलब्ध होईल. दोहोतील फरक चांगलाच जाणवण्याएवढा असून निसर्ग असा उधळेपणा कधीच चालू देणार नाही!

आणखी एक महत्त्वाचे कारण असे की किण्वनक्रियेमध्ये एथिल आणि ब्यूटिल अल्कोहोल, लॅक्टिक आणि ब्युटिरिक आम्ल, ॲसेटोन यासारखे तयार होणारे पदार्थ जीवमात्रास धोकादायक आहेत. त्यांचा नाश करणे सोपे नाही.

श्वसनक्रियेमार्फत कित्येकदा ज्वालाग्राही वायू बाहेर पडतात. सूक्ष्मजीव पुष्कळदा हायड्रोजन बाहेर टाकतात. उधई किंवा वाळवीच्या आतड्यात राहणारे सूक्ष्मजंतू या प्रकारचे श्वसन करतात पुष्कळसे बहुपेशीय जीव, विशेषतः काही प्रकारच्या माशांच्या आळ्या मोठ्या प्रमाणात हायड्रोजन बाहेर टाकतात. काही सजीव केवळ हायड्रोजनच नव्हे तर मीथेन वायूही बाहेर सोडतात आणि अचानक पेट घेणारे अज्ञात वायुसुद्धा काहींमधून बाहेर पडतात. पाण्याखालच्या दलदलीत जमलेले हे वायू पृष्ठभागी येऊन जेव्हा अचानक पेट घेतात आणि गूढ निळसर ज्योतींच्या स्वरूपात दिसू लागतात तेव्हाचे दृष्य मोठे पाहण्यासारखे असते.

प्राण्याना आपले श्वसन या एवढ्या मर्यादेपर्यंत बदलणे आणि प्राणवायू रहित परिस्थितीशी जुळवून घेणे कसे काय शक्य झाले? ही काही इतकी कठीण गोष्ट नव्हती. पृथ्वीवर जेव्हा जीवन अस्तित्वात आले तेव्हा प्राण-

वायू स्वतंत्र स्वरूपात नव्हताच आणि सुरुवातीच्या प्राण्याना अवायुजीवी बनावेच लागले. पुढे जेव्हा वातावरण प्राणवायूने समृद्ध झाले तेव्हाच ऊर्जायुक्त पदार्थांचे संपूर्ण ज्वलन साधण्याची किमया त्यानी आत्मसात केली. तशातही, श्वसनाची अवायूजीवी पद्धत पूर्णतया नाहीशी झाली नाही, तर ती एकाकडून दुसऱ्यास दिली गेली आणि शेवटी ती आपणापर्यंत पोहोचली. या प्रकरणाच्या सुरुवातीस उल्लेख केल्याप्रमाणे सर्वच प्राण्यांमध्ये ऊर्जानिर्मितीचे प्राथमिक टप्पे प्राणवायूखेरीज ओलांडिले गेले. जेव्हा वायुजीवी प्राण्याना, जेथे प्राणवायू मिळविता येणार नाही अशा जागी परत जावेसे वाटले तेव्हा पोषक पदार्थात असणाऱ्या ऊर्जेचा अंशतः वापर करण्याचे बंधन पुनरपि स्वीकारावेच लागले. तसे करताना अंशतः ऑक्सिडीकरण झालेले पदार्थ निरूपद्रवी कसे करावेत याची काळजी घ्यावीच लागली.

वातावरणात पुरेशा प्रमाणात प्राणवायू नसतानाच या ग्रहावर प्राणिजीवन उदयास आले. अशा परिस्थितीशी जुळवून घेणे प्राण्याना भागच पडले. पण आपण हे विसरतो की अति-प्रमाणात प्राणवायू असणाऱ्या परिस्थितीतील प्राण्यानी शरिरातील ऑक्सिडीकरणाची तीव्रता काबूत ठेवण्यातही यश मिळविले. सतत धोका बनून राहणारी आग विझविण्याच्या तयारीत जणू ते नेहमी असावेत.

एकंदर परिसरातील प्राणवायूचे प्रमाण स्थिर असते आणि त्यात बदल झालाच तर तो कमी होण्याकडेच होतो. यावरून उघड होते की प्राण्यांमध्ये प्राणवायूच्या तुटवड्यास तोंड देण्याच्या दृष्टीने अनेक पद्धती अस्तित्वात आल्या पण त्याबरोबर अति प्राणवायूशी मुकाबला करण्याच्या मात्र नाही.

सुमारे शंभर वर्षांपूर्वी पॉलबेर्ट या शास्त्रज्ञाने प्रथमच दाखवून दिले की शुद्ध प्राणवायूचा' श्वसनार्थ वापर धोकादायक, विषारी आहे. हा एवढा अनपेक्षित शोध होता की इतर शास्त्रज्ञ त्यावर विश्वास ठेवण्यास तयारच होईनात. बेर्ट याने वापरलेल्या प्राणवायूमध्ये विषारी वायूंची भेसळ असावी, असा दाट संशय साऱ्याना आला. हा प्रयोग पुन्हा करण्यात आला आणि दरवेळी प्राणवायू जास्तीत जास्त शुद्ध करून वापरला गेला तरीसुद्धा प्राणी मरण पावले.

प्राणवायूमुळे होणाऱ्या वीषबाधेत शास्त्रज्ञाना स्वारस्य वाटण्यासही काही कारण होते. पाणबुड्यांचे काम सुकर होण्याशी या प्रश्नाचा संबंध होता. शुद्ध प्राणवायू असलेल्या वातावरणात एखादा माणूस सुमारे चोवीस तास

जगू शकेल. त्यापेक्षा अधिक वेळ जर तो अशा वातावरणात राहिला तर न्यूमोनिया उद्भवेल आणि सर्व महत्त्वाच्या अवयवात प्रणवायचा तुटवडा निर्माण होणाऱ्या श्वासरोध रोगाने त्यांचा मृत्यू ओढवेल. माणूस दोन ते तीन वातावरणीय दाब दीड-दोन तासांपेक्षा अधिक काळ सहन करू शकणार नाही. त्यानंतर मात्र तो प्राणवायूने झिंगेल, त्याच्या हलचालीतील सूसूत्रता नाहीशी होईल, मानसिक व्यग्रता हरवेल आणि स्मरणशक्ती गमावली जाईल. जर प्राणवायूचा दाब तीन वातावरणीय दाबापेक्षा अधिक होईल तर तो आचके देऊ लागेल आणि त्या पाठोपाठ त्याचा मृत्यू होईल.

विशिष्ठ प्रमाणात जेथे प्राणवायूची कमतरता आहे अशा ठिकाणी राहणाऱ्या प्राण्यांच्या बाबतीत तर प्राणवायूची वीषबाधा गंभीर असते. माणसाच्या आंतड्यात राहणाऱ्या जंतांशी याद्वारे मुकाबला करण्यात येतो. आतड्यात प्राणवायू सोडला जातो आणि माणसास तो धोकादायक न ठरता जंताना मात्र मारून टाकतो.

प्राणवायूचे जादा प्रमाण केवळ प्राण्यानाच नव्हे तर वनस्पतीनाही धोकादायक असते. वनस्पती जरी आपले वातावरण प्राणवायूने समृद्ध करीत असल्या तरी या पृथ्वीचे वातावरण त्याना सुखदायक नाही हे वाचून आपणास आश्चर्यच वाटेल. त्याना खरा तुटवडा भासतो तो कार्बन डायॉक्साईडचा, आणि प्राणवायू मात्र गरजेपेक्षा अधिकच वाटतो. हे सकृतदर्शनी तरी चमत्कारिकच वाटते. अलिकडच्या संशोधनातून असे निष्पन्न झाले आहे की नेहमीच्या प्रमाणातील प्राणवायूमुळेच नव्हे तर भोवतालच्या वातावरणातील केवळ २ टक्के प्राणवायूमुळे प्रकाश-संश्लेषणाची क्रिया लक्षात येण्याइतपत मंदावते. याचा अर्थ असाच होतो की वनस्पतीनी स्वतःस अगदी अयोग्य असे वातावरण निर्माण केले आहे. प्राणवायूचे प्रमाण थोडेसे जरी कमी असते तरी त्या अधिक जोमाने आणि वेगाने वाढल्या असल्या.

उपयुक्त "निरुपयोगी" पदार्थ

शस्त्रक्रियेच्या खोलीत पूर्ण स्तब्धता होती. भूल देणारा एक नवशिका तज्ज्ञ एका स्त्रीरोग्यानजिक उभा होता. शस्त्रक्रियेची सारी तयारी झाली होती.

"रोग्यास शुद्धिहारक द्रव्य द्या." हस्तक्षालिकेजवळ उभ्या असणाऱ्या एका उंच आणि पांढऱ्या केसांच्या व्यक्तीने फर्माविले. "माझं हात धुणं मी संपवितोच."

शस्त्रक्रिया साधीच होती. तरीसुद्धा त्यासाठी शस्त्रक्रियेच्या टेबलावर असणे भीतीदायकच ठरते. रोग्याच्या फुफ्फुसात ईथरचा पहिला थेंब जाताच रोगी अधिकच घाबरला आणि तोंडावरचे आच्छादन काढण्याचा प्रयत्न करू लागला. परिचारिकेने ते घट्ट दाबून धरले आणि त्या तरूण शुद्धिहारक तज्ज्ञाने थोडयाशा जबरदस्तीनेच शुद्धिहारक-द्रव्य रोग्यास दिले. त्याचा इच्छित परिणाम लगेच दिसून आला. सुमारे दोन-एक मिनिटातच रोग्याचे स्नायू ढिले पडले आणि त्याची हालचाल थांबली. पण रोगी अगदी दगडा-सारखा टणक का बरे भासू लागला? रोगी श्वासोच्छ्वास करीत नव्हता. ते पाहताच शुद्धिहारक तज्ज्ञाने रोग्याच्या तोंडावरची जाळी काढली आणि घाईगर्दीने कृत्रिम श्वसनक्रियेस प्रारंभ केला.

दोन-तीन मिनिटानी रोग्याने पहिला श्वास घेतला, मग दुसरा, त्यानंतर तिसरा...

"पुरे आता", डॉक्टरानी सांगितले, पण श्वसनक्रिया पुन्हा बंद पडली. शुद्धिहारकतज्ज्ञ पांढरा फटफटित पडला आणि त्याने रोग्यावर पुन्हा कृत्रिम श्वसनची क्रिया सुरू केली.

त्याची ती धावपळ पाहून अखेर डॉक्टर पुढे झाले आणि रोग्यास जरूरी-पेक्षा जास्त प्रमाणात हवेचा पुरवठा केला गेला आहे असा त्यानी खुलासा केला तेव्हा कुठे सहकाऱ्याना धीर आला. पुन्हा काही काळ थांबल्यानंतर रोग्याने श्वासोच्छ्वासास सुरुवात केली आणि हळू हळू तो नियमितपणे सुरू झाला.

"आता रोगी पूर्णपणे शुद्धीवर येण्याअगोदर शुद्धिहारक द्रव्य देण्यास सुरुवात करा. मात्र घाई गर्दी करू नका." डॉक्टरानी सांगितले. मग नेहमीच्या गतीने लोक काम करू लागले. पुढच्या अर्ध्या तासात रोगी आपल्या जागी परतलाही.

पूर्वीच्या काळी, शुद्धिहारक द्रव्य देण्यास सुरुवात केल्यानंतर श्वासोच्छ्-वास बंद पडण्याचे धोकादायक प्रसंग पुष्कळदा घडून येत असत. शुद्धिहारक द्रव्य देण्याची गती फारच वाढली तर तसे होणे शक्य असते. अलिकडे हे तंत्र एवढे विकसित झाले आहे की अशी गुंतागुंतीची परिस्थिती निर्माण

होण्याची शक्यताच नसते आणि जरी तशी वेळ आली तरी मुकाबला करण्या-साठी विश्वासार्ह उपायही प्रचारात आहेत. पण एखाद्या नवशिक्या विद्या-र्थ्यास असा काही अनुभव येणे फारच विचित्र, विशेषतः त्याच्या निष्काळजी-पणामुळे तशी परिस्थिती निर्माण झाली असेल तर. वर म्हटल्याप्रमाणे, भूल देणारा तो नवशिका तज्ज्ञ, कृत्रिम श्वासोच्छ्वासाची क्रिया मोठ्या घाईघर्दीने करीत होता ते एवढ्यासाठीच.

रोग्याचे श्वसन दोन वेळा का बंद पडले असावे? श्वसनक्रिया पहिल्यांदा बंद पडली याचे कारण उघड आहे; अंमली द्रव्याच्या जादा मात्रेचा परि-णाम श्वसन केंद्राचे कार्य मंदावण्यात झाला आणि श्वसन थांबले. श्वसनाक्रिया दुसऱ्यांदा बंद पडण्याचे कारण अधिक गुंतागुंतीचे आहे. ते समजण्यासाठी प्रथम आपणास श्वसनक्रियेचे नियमन कसे होते ते पाहणे आवश्यक आहे. एकूण तीन निरनिराळी आकलक-उपकरणे श्वसनक्रियेच्या नियंत्रणात अंतर्भूत आहेत. त्यापैकी पहिले म्हणजे फुफ्फुस-आकलक हे असून मेंदूतील श्वसन-केंद्रास, फुफ्फुसे कोणत्या प्रमाणात आकुंचन व प्रसरण पावत आहेत याची माहिती पुरवून श्वास आत घेणे व तो बाहेर सोडणे केव्हा थांबवावयाचे याचे दिग्दर्शन करतात.

दुसरी रसायनग्राही आकलके अधिक महत्वाची आहेत. त्यापैकी काही ग्रिवा-रोहिणींमध्ये आणि काही महारोहिणीत असतात. रक्तातील प्राणवायूचे नियंत्रण करण्याचे काम या रसायनग्राही आकलकांकडे असते. रक्तामध्ये प्राणवायू कमी प्रमाणात आहे असे श्वसन-केन्द्रास कळताच, ते श्वसनक्रिया अधिक वेगाने करण्याबाबत संदेश देते. पण अशा प्रसंगी ते बहुधा मंदगतीचे ठरते. याचे कारण असे की प्राणवायूचा अभाव श्वसनकेंद्राच्या कार्यास अवरोध करतो आणि फुफ्फुसाचे अल्पसे देखील प्रसरण कळविणारा संदेश श्वास आत घेण्यात अडथळा निर्माण करतो.

इतर रसायनग्राही आकलके ही खुद्द श्वसनकेंद्रातच असतात. त्यांचे मुख्य कार्य म्हणजे रक्तातील कार्बन डायॉक्साईडचे प्रमाण नियंत्रित ठेवणे. जर कार्बन डायॉक्साईड जास्त प्रमाणात असेल तर श्वासोच्छ्वास दीर्घस्वरूपी होतो. वर उल्लेखिलेल्या तरुण, नवशिक्या सहाय्यकाने जेव्हा कृत्रिम श्वसन-क्रियेचा मार्ग अवलंबिला तेव्हा फुफ्फुसांचे वायुवीजन चांगलेच सुधारले व त्यामुळे रक्ताला प्राणवायूचा भरपूर प्रमाणात पुरवठा झाला. परंतु कार्बन डायॉक्साईडचे प्रमाण अतिशय घटले. श्वसनक्रियेस कारणीभूत ठरणारे दोन

महत्त्वाचे उत्तेजक निष्प्रभ झाले आणि अवरोध झालेल्या श्वसनकेंद्राकडे फुफ्फुसांकडून संदेश आल्यामुळे ते अंतःश्वसन सुरू करण्याच्या दृष्टीने अतिशय कमजोर ठरले. हा घोटाळा तसा धोकादायक नसतो. जर कार्बन डायॉक्साईडची योग्य प्रमाणात भरपाई झाली (तशी ती होणारच, कारण जीवाचे श्वसन नेहमीप्रमाणे सुरू झाले की कार्बन डायॉक्साईडचे प्रमाणही वाढते) तर श्वसनक्रियाही चालू होते.

यावरून एक गोष्ट लक्षात येईल की धोकादायक आणि निरूपयोगी म्हणून ठरलेला कार्बन डायॉक्साईड आपण समजतो तेवढा निरूपयोगी नाही.

जेव्हा शास्त्रज्ञानी श्वसनक्रियेतील हालचालींचे मूलभूत कारण लक्षात घेतले तेव्हापासून, श्वसनकेंद्राच्या कार्यास उत्तेजन मिळावे म्हणून वायूंच्या मिश्रणात कार्बन डायॉक्साईड मिसळण्यास सुरवात झाली . शुद्धिहारक द्रव्य देताना कार्बन डायॉक्साईड मिसळला जातो. तो श्वसनकेंद्रास उत्तेजित करतो, त्यायोगे रक्तप्रवाहात प्राणवायूचे प्रमाण वाढण्यास मदत होते.

श्वासोच्छ्वासाच्या हलचाली आणि ताल यांचे नियंत्रण श्वसनकेंद्रामार्फत आपोआप केले जाते. तथापि, आपल्या इच्छेनुसार या कामात आपण खंड पाडू शकतो आणि जाणूणबूजून फुफ्फुसातील वायुवीजनचे आकासान तर बदलू शकतोच शिवाय श्वसनात होणारी हालचाल काही काळ बंदही ठेवू शकतो. शक्य तेवढा काळ श्वासोच्छवास बंद ठेवण्याचा आपण सरावही करू शकतो. मोत्यांच्या शोधार्थ पाण्यात बुडी मारणाऱ्या जपानी आणि कोरियन मुली पाण्याखाली चार ते सहा मिनिटे राहू शकतात. त्या किती वेळ पाण्याखाली राहू शकतील यावरही त्यांचे वेतन अवलंबून असते.

अशा तऱ्हेच्या सरावाची दुसरी तोटचाचीही बाजू आहे. पाण्याखालील काम हे विशेष धोकादायक असते. कारण, रक्तातील प्राणवायूची पातळी कमी झाली आहे याची खबर देणारे आलोकक जरी माणसात असले तरी ती धोकादायक ठरण्याइतपत कमी असल्याचा संदेश देण्यास ते असमर्थ असतात. थोडेसे शिक्षण घेतलेल्या हौशी पाणबुड्यांच्या बाबतीत धोका उद्‌भवत नाही. कारण, आपला प्राणवायूचा साठा संपविण्याएवढा वेळ ते पाण्याखाली राहूच शकत नाहीत. मात्र व्यावसायिक पाणबुड्यांच्या बाबतीत परिस्थिती वेगळी असते. त्यानी प्राणवायूमध्ये बरीचशी घट आली असता सुद्धा श्वसनकेंद्राचे कार्य निष्प्रभ करण्यात स्वतःला प्रशिक्षित केलेले असते. ते जेव्हा पाण्याखाली राहतात तेव्हा प्राणवायूच्या पुरवठ्याचे सर्व मार्ग वापरूनही धोक्याची रेषा

ओलांडिली जाणे अगदी शक्य असते. परिणामी प्राणवायूची तीव्र कमतरता निर्माण होते आणि त्याचा सर्वप्रथम मेंदूवर परिणाम होतो. एकाएकी शुद्धी हरपते. आपल्या सहकाऱ्याची ही स्थिती इतर पाणबुड्यांच्या ध्यानात आली तरच तो वाचणे व त्याच्यावर प्रथमोपचार करणे शक्य असते.

कार्बन डायॉक्साईड ही धोकादायक, निरुपयोगी निर्मिती आहे. तो रंगरहित आणि वासरहित असून त्याचे विशिष्टगुत्व प्राणवायू किंवा नत्रवायूपेक्षा खूपच अधिक असते. जेथे हवेची हालचाल बंद असते तेथे कार्बन डायॉक्साईड साचत जातो. चुनखडी आणि समुद्रातील गुहा ही याची उदाहरणे होत. आजूबाजूचे खडक काही प्रमाणात कार्बन डायॉक्साईडचे उत्सर्जन करतात आणि तो जमिनीखालच्या मार्गातून खाली जातो. अखेर गुहेच्या तळाशी साचत जाऊन एक प्रकारे त्याचे "तळे" तयार होते. अशा "तळ्यात" जर चुकून माणूस गेलाच तर तो आपले प्राण गमावणारच. पृथ्वीवर तथाकथित काही "श्वान-गुहा" असून त्यातील कार्बन डायॉक्साईडची "तळी" उथळ असतात. ती माणसास धोकादायक ठरण्याची शक्यता नसते आणि ती चालता चालता सहजगत्या ओलांडता येतात. तथापि, श्वानगुहेत शिरणारी कुत्री मात्र त्यात "बुडून" जातात.

वातावरणाचा तिसरा घटक नत्रवायू असून कार्बन डायॉक्साईड आणि प्राणवायू यांच्याखालोखाल त्याची गरज असते. तो श्वसनक्रियेत भाग घेत नाही. सर्वसाधारण दाबाखाली शरीर आणि परिसर यांच्यादरम्यान त्याची कोणतीच देवाणघेवाण होत नाही. कारण जेवढा तो रक्तात असतो तेवढाच शरिरात इतरत्र असतो आणि त्याच्या संचयाने मर्यादा गाठलेली असतेच.

जर बाहेरील दाब भरपूर वाढविला तर वातावरणातील वायंच्या तुलनेने रक्तातील त्यांचे प्रमाण घटेल आणि रक्त वेगाने ते शोषून घेण्यास सुरुवात करेल आणि इतर भागांकडे पोहोचवील. या तीनही माध्यमात समानता प्रस्थापित होईपर्यंत ही क्रिया चालू राहील.

वाढलेला दाब पूर्वपातळीस आल्यास शरिरात इतरत्र विरघळलेले वायू परत रक्तात येतात. या प्रक्रियेच्या वेळी, चयापचय क्रियेत प्राणवायूमुळे कोणताच अडथळा निर्माण होत नाही उलट त्याचा वापर वेगाने केला जातो. नत्रवायूचे प्रमाण मात्र रक्तवाहिन्यात इतके हवे की तो रक्तात विरघळू शकणार नाही किंवा तो फुफ्फुसांमार्गे बाहेर टाकण्यास पुरेसा वेळही मिळणार नाही. नत्रवायूच्या बुडबुड्यांमुळे सूक्ष्म रक्तवाहिन्यात अडथळे निर्माण होतात.

जर हृदयाच्या किंवा मेंदूतील रक्तवाहिन्यात असे अडथळे निर्माण झाले तर मृत्यू दूर नाही. अशा माणसास वाचविण्याचा एकमेव मार्ग म्हणजे त्यास उच्च दाबाखाली ठेवणे. त्यामुळे नायट्रोजन रक्तात आणि अतिजलात विरघळण्यास मदत होते. हा दाब हळूहळू कमी करून परत पूर्वस्थितीत आणला जातो. दरम्यान नत्रवायू शरिराबाहेर पडण्यास पुरेसा अवधी मिळतो.

वातावरणातील हवेत धूलिकण आणि पाण्याची वाफ असते. आपल्या गावातील हवा शुद्ध राखणे ही एक मोठीच समस्या असते. विचार करा, जेव्हा हवेत ६००० पेक्षा जास्त धूलिकण नसतात तेव्हा ती "शुद्ध" समजली जाते. एखाद्यास हे प्रमाण जास्त वाटले तर त्याने हे ध्यानात घ्यावे की श्वसनार्थ वापरल्या जाणाऱ्या घरातील हवेत पुष्कळदा सुमारे दहा मिलिग्रॅम वजनाचे एकूण वीस लक्ष धूलिकण असतात. खार्कोव आणि लेनिनग्रादमध्ये दरवर्षी दर चौरस किलोमीटरवर ३०० ते ३५० टन धूळ पडत असे आणि मॅग्नितोगोर्स्कमध्ये तर ही धूळ शेकडो टन भरत होती. या धुळीपासून फुफ्फुसांचे रक्षण करणारी खास उपकरणे जर नसती तर अशा गावात जन्माला आलेल्या मुलांची फुफ्फुसे त्यांच्या पहिल्याच वर्षात धुळीने केव्हाच भरून गेली असती.

पाण्याच्या वाफेबाबत तसा प्रकार नाही. शरिरातील आर्द्रता अतिप्रमाणात बाहेर न पडण्यास ही वाफ मदतच करते. आरोग्याच्या मानदंडांनुसार घरातील हवेमध्ये साठ टक्के वाफ असणे जरूर आहे. जर आर्द्रता यापेक्षा कमी असेल तर मनुष्यास विशिष्ठ अस्वस्थता जाणवते.

वातावरणापासून माणसास मिळणारा अखेरचा घटक म्हणजे वीज हा होय. आपली फुफ्फुसे विजेचा बराच वापर करतात हे बहुधा आपल्या लक्षातच येत नाही. शरिरातील जीवदायी क्रियांचे कार्य नेहमीप्रमाणे चालू राहण्यास वीजेचा शरिरात होणारा प्रवेश आवश्यक आहे.

आपली फुफ्फुसे कोणत्या प्रकारची वीज शोषून घेतात आणि ती वातावरणात कशाप्रकारे अस्तित्वात येते? अशा प्रकारच्या विजेचे अस्तित्व शास्त्रज्ञानी गेल्या शतकाच्या अखेरीस शोधून काढले. त्याना असे आढळले की कोणत्याही मातीत अत्यंत अल्प प्रमाणात उपलब्ध असणाऱ्या युरेनियम आणि इतर किरणोत्सर्गी मूलद्रव्यांच्या, वैश्विक आणि अतिनील किरणांच्या परिणामी; विद्युत विसर्जन व पाण्याचे उडणारे फवारे आणि धुलिकणांतील घर्षण यामुळे वायूच्या अणू आणि परमाणूतील इलेक्ट्रॉन वेगळे होतात. असा वेगळा

होणारा आणि मुक्त झालेला इलेक्ट्रॉन मुक्तावस्थेत फार काळ राहू शकत नाही. तो तात्काळ एखाद्या उदासिन अणूशी संयोग पावतो. इलेक्ट्रॉन ऋण विद्युत भार वाहक असतात आणि संयोग पावणाऱ्या अणूस तो दिला जातो. या उलट, ज्या अणूपासून इलेक्ट्रॉन मुक्त झालेला असतो तो अणू धन विद्युतभारयुक्त होतो, कारण कोणत्याही अणूच्या अणूगर्भाचा धन भार असून तो त्याच्या सर्व इलेक्ट्रॉनच्या भाराएवढा असतो.

वातावरणातील वायूंचे विद्युत-भारित असे जे अणू असतात त्याना वायू-आयन असे म्हटले जाते. त्यापैकी काही धुलिकणावर आरूढ झाले असता वजनदार आयन तयार होतात तर इतर, उदासिन अणूंशी संयोग पावून त्यातून हलक्या वजनाचे आयन तयार होतात,.

बहुतेक सारे वायु-आयन जमिनीत किंवा जमिनीनजिक तयार होतात. सर्वसाधारणपणे मातीनजिक दर घन सेंटीमीटर हवेत, दर सेकंदास आठ ते दहा जोड-आयन तयार होतात. ते साचत जात नाहीत कारण त्यांपैकी दोन विरुद्ध विधुतभाराचे काही आयन एकमेकांवर आदळले असता नाश पावतात. उर्वरित घन, द्रव पदार्थाद्वारे अधिशोषिले जातात किंवा त्यांची संख्या जेथे कमी आहे अशा अवकाशात ते विखुरले जातात.

आयन हे नेहमीच जोडीने तयार होत असले तरी एकूण परिसरातील हवेत बहुधा एकभारीय आयनांचे प्रमाण जास्त असते आणि त्यामध्ये हलक्या वजनाचे, धनभारयुक्त आयन नेहमीच जास्त आढळतात. यासे कारण असे की पृथ्वी ही ऋणभार युक्त आहे तर वातावरणाचा धनभार असतो. वातावरण, ऋण विद्युतभारित वायु-आयनाना वरच्या दिशेने ढकलते तर धनभाराचे वायु-आयन खालच्या बाजूस जाऊन वातावरणाच्या अगदी खालच्या थरांमध्ये जमा होतात. जड आयनांची संख्या हवेतील धुलिकणांच्या प्रमाणावर अवलंबून असते. जड आयनांचे हलक्या वजनाच्या आयनाच्या तुलनेने असणारे आधिक्य पन्नास पटींपेक्षा जास्त नसते.

प्राणिमात्रास वायंच्या या विद्युतभारित अणूंची खरोखरीच जरूरी असते का? ते अपरिहार्य ठरतात. सोविएत शास्त्रज्ञ ए. के. चिझेव्हस्की यानी याबाबत प्रयोग केले आहेत. अत्यंत कमी प्रमाणात आयनअसलेल्या वातावरणात ठेवले गेलेले प्राणी गंभीररीत्या आजारी पडले आणि ज्याना विद्युतभाररहित हवा श्वसनार्थ देण्यात आली होती ते प्राणी दीड ते पाच दिवसात मरण पावले.

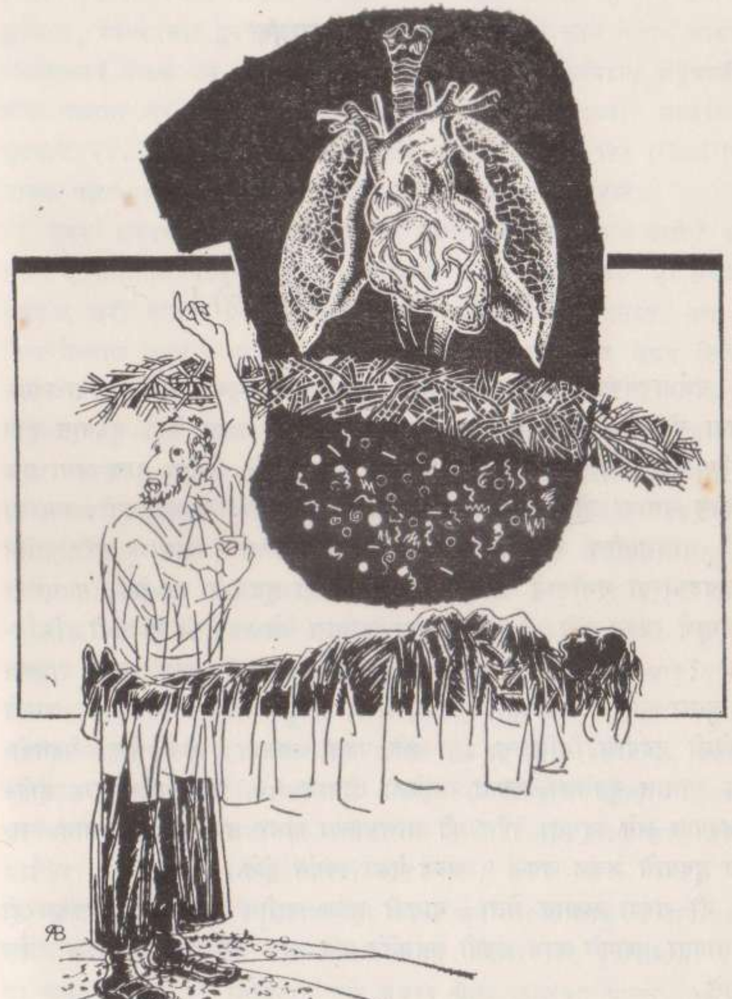
तथापि, अधिक प्रमाणात आयन–विशेषतः धनभारयुक्त आयन असणेही जीवमात्रांच्या दृष्टीने योग्य नाही. टायरोल (आल्प्स) पर्वतराजीत वाहणारा "फोएन" नावाने प्रसिद्ध असणारा वारा; जपानमधील "जसामी" नामक आग्नेय दिशेकडून वाहणारा वारा आणि दक्षिण इटलीत वाहणारा "सिरोक्को" वारा, याच्यामध्ये अनेक धनभारयुक्त आयन आढळतात. त्यांच्यामुळे लोकात औदासिन्य निर्माण होते. डोकेदुखीचा त्रास होतो, रक्तदाब वाढतो, क्षयाची बाधा होते आणि इतरही काही रोग उत्पन्न होतात. वातावरणाचा कोणत्याही प्रकारचा विद्युतभार बदलून तो टिकविणे कठीणच, तथापि ऋण वायु-आयन हे अनेक बाबतीत फायदेशीर ठरतात. क्षयरोग्याना ते उपयुक्त ठरले असून रक्तदाब कमी करण्यास मदत करतात. संसर्गजन्य रोगांसह इतर अनेक रोग बरे करण्यात त्यांचे सहाय्य होते.

अनेक आरोग्य-केंद्रामधून रोग्याना बरे करण्यासाठी हलक्या वजनांच्या ऋणभारित आयनांचा उपयोग केला जातो. बाल्टिक समुद्र किनाऱ्याजवळ, धबधब्यांपाशी, डोंगरातून वाहणाऱ्या नद्यांनजिक आणि जोरदार अशा कारंजांनजिक ऋण भाराचे आयन विपुल प्रमाणात आढळतात. आपल्या शरिराला मिळणारी वीज तेथेच साठते असे नाही. शरिरातील उती उत्कृष्ठ विद्युत-वाहक असल्यामुळे आपणास मिळालेला विद्युतभार हळूहळू पृथ्वीस दिला जातो.

सजीवांच्या शरिरावर वातावरणाच्या विद्युत्भाराचे कोणते परिणाम होत असावेत याबाबत अनेक विचार मांडण्यात आले आहेत. त्यापैकी दोहोंचा खास उल्लेख करणे आवश्यक आहे. एका विचारानुसार अणूवरील विद्युत्भार, फुफ्फुसातील तंत्रिकांवर ऊर्फ मज्जांवर, अगदी त्यांच्या टोकांवर परिणाम करतो यामुळे बहुधा मध्यवर्ती मज्जासंस्थेच्या कार्यावर तीव्र प्रभाव पडत असावा.

दुसरा विचार असे सांगतो की जेव्हा वायु-आयन फुफ्फुसात शिरतात तेव्हा आपला विद्युत्भार रक्तास व त्यातील रक्त कोशिकांना देतात. अशा प्रकारे फुफ्फुसात मिळालेला विद्युत्भार, रक्तद्वारे विविध अवयवांकडे वाहून नेला जातो.

या दोहोंपैकी कोणता सिद्धांत अधिक बरोबर हे ठरविणे कठीण आहे. दुसऱ्या सिद्धांतास प्रत्यक्ष वस्तुस्थितीचा आधार मिळतो खरा, तथापि अंतिम निष्कर्षाप्रत पोहोचण्यापूर्वी दीर्घकालिन संशोधन होणे आवश्यक आहे.



प्रकरण ४

कोटचावधी वाहक

थकण्यास मुळी वेळच नाही!

गर्भधारणेच्या अठराव्या दिवशी मानवी गर्भ म्हणजे पेशींचा वाटाण्या-एवढा गोळा असतो. हृदयाच्या धडधडीस नेमकी याच वेळी सुरुवात होते आणि मग ती न थांबता थेट मृत्यूपर्यंत चालू राहते. बहुधा हाच असा एक अवयव असावा जो आपले काम न टाळता सातत्याने चालू ठेवतो, मग तो जरी आळशातील आळशी अशा अपृष्ठवंशी प्राण्याचा असला तरी. तीन आठवड्यांच्या गर्भामध्ये खरेखुरे रक्त नसून ही हृदयाचे दर सेकंदास एकदा याप्रमाणे स्पंदन होते. पुढे जेव्हा मूल जन्मास येते त्यावेळी ही गती, मिनिटास १४० एवढी वाढते. हृदयाच्या स्पंदनाचा हा उच्चांक असून वाढत्या वयानुसार हा वेग मंदावतो. पूर्ण वाढीचा माणूस जेव्हा विश्रांती घेत असतो त्यावेळी हृदयाचे मिनिटास ७६ ठोके पडत असतात, तोच जेव्हा मेहनतीच्या कामात गुंतलेला असतो त्यावेळी तीमध्ये ५० टक्क्यांपर्यंत वाढ होते. थोडक्यात असे म्हणता येईल की माणसाच्या शंभर वर्षांच्या आयुष्यात त्याच्या हृदयाचे जवळ जवळ ५ अब्ज वेळा स्पंदन होते.

ही संख्या लक्षात घेता, मानवी हृदय कधीच न दमता, सेकंदभरही न थांबता, आपले काम अगदी सहजतेने कसे काय करू शकते याचे आश्चर्यच वाटते.

इतर लहानसहान प्राण्यांच्या तुलनेने माणसाची चयापचयाची क्रिया खूपशी अपूर्ण स्वरूपाची तर आहेच, शिवाय ती खालच्या दर्जाची ठरते. शरिराचा आकार जो जो कमी होत जातो तो तो ते कमी कमी जागा (क्षेफळ) व्यापते. यामुळे, मोठ्या प्राण्यांच्या तुलनेने, वजनाच्या दर

ग्रॅममागे छोट्या प्राण्याना अधिक ऊष्णता किंवा उब निर्माण करणे जरूरी असते. त्यांची चयापचयक्रिया अधिक तीव्र असते आणि म्हणूनच त्यांच्या हृदयास, माणसाच्या हृदयापेक्षा अधिक जोमाने, वेगाने काम करावे लागते. उदाहरणार्थ दीडशे टन वजनाच्या देवमाशाच्या हृदयाचे मिनिटास शेहेचाळीस ठोके पडतात तर सुमा रे सव्वाते दीड किलोग्रॅम वजनाच्या मांजराच्या हृदयाचे २४० वेळा आणि जेमतेम . ग्रॅम वजनाच्या ब्ल्यू टिट (Coal tit) नामक पक्षाच्या हृदयाचे दर मिनिटास १२०० वेळा स्पंदन होते.

हृदय एवढ्या उच्च गतीने काम करण्यास कसे काय समर्थ ठरते? सर्व प्रथम हे सांगितले पाहिजे की हृदय विश्रांती न घेता काम करते ही समजूत पूर्णतया खरी नाही. हृदयाचे स्नायू पुष्कळ वेळा विश्रांती घेतात. पण हा विश्रांती-काल अगदीच अल्पसा असतो. हृदयाचा ठोका ०.४९ सेकंद टिकतो आणि जर माणूस विश्रांती घेत असेल तर दर ठोक्यानंतर ०.३१ सेकंदाचे "मध्यंतर" असते. प्रत्यक्षात हे मध्यंतर किंवा हा विश्रांती-काल जास्तच भरतो कारण, हृदयाचे सर्वच भाग एकाच वेळी काम करीत नसतात. कर्णिकांच्या आकुंचनाने हृदयाचे आवर्तन सुरू होते, त्यावेळी जवनिकेची विश्रांती चालू असते; कर्णिका शिथिल होत असताना जवनिका आकुंचन पावतात. आकुंचन पावण्यासाठी कर्णिकाना सुमारे ०.११ ते ०.१४ सेकंद लागतात आणि त्यापाठोपाठ ०.६६ सेकंदाचा विश्रांती-काळ येतो. दुसऱ्या शब्दात असे सांगता येईल की संबंध दिवसात कर्णिका साडेतीन-चार तासांपेक्षा जास्त काम करीत नाहीत आणि सुमारे वीस तास विश्रांती घेतात. जवनिकाना आकुंचन पावण्यास थोडा जास्त वेळ म्हणजे ०.२७-०.३५ सेकंदाचा काळ लागतो आणि विश्रांती-काळ ०.४५-०.५३ सेकंदाचा असतो. म्हणजेच दर चोवीस तासांमध्ये जवनिका साडेआठ ते साडेदहा तास काम करते आणि साडेतेरा ते साडेपंधरा तास विश्रांती घेते.

छोट्या पक्षांची हृदयेसुद्धा विश्रांती घेतात पण त्यांची आकुंचन पावण्याची आणि विश्रांती घेण्याची गती अधिक असते. विलो टिट (Willow tit) या पक्षाचे हृदय दर मिनिटास एक हजार वेळा आकुंचन पावते. त्याच्या कर्णिकेच्या एका आकुंचनास ०.०१४ सेकंद लागतात आणि त्यापाठोपाठ येणारी विश्रांती ०.०३६ सेकंदाची असते. म्हणजे कर्णिका फक्त ५ तास ४० मिनिटे काम करतात आणि १८ तास २० मिनिटे विश्रांती घेतात. जवनिकेच्या आकुंचनास ०.०२४ आणि विश्रांतीस ०.०३६ सेकंद राहतात.

त्यांचे एकूण काम ९ तास ३६ मिनिटे तर विश्रांती १४ तास २४ मिनिटांची असते. माणसाशी तुलना करता एकूण फरक थोडाच पडतो.

तथापि, विश्रांती-काल लांबवून आपल्या हृदयाचे कार्य अधिक सुधारण्यास माणूस बराच समर्थ ठरतो. वैद्यकीय संशोधनावरून असे दिसून येते की उत्तम प्रकारे प्रशिक्षित खेळाडूचे हृदय विश्रांतीकाळी इतर माणसांपेक्षा कमी गतीने म्हणजे दर मिनिटास चाळीसवेळा आणि कधी कधी तर फक्त अठ्ठावीस वेळा आकुंचन पावते.

एकंदरीत या प्रचंड कामासाठी निव्वळ विश्रांती पुरेशी नसते. हृदयास पोषक द्रव्यांचा आणि प्राणवायूचा भरपूर पुरवठा व्हायला हवा. यावरून लक्षात येईल की अधिकाधिक विकसित प्राण्यांच्या हृदयाची, रक्तपुरवठ्याची स्वतःची अगदी कार्यक्षम अशी पद्धती का असते.

अविकसित प्राण्यानी आपल्या हृदयास रक्तपुरवठा करण्याचा मार्ग स्वतःच अनुसरला "सैनिकांच्या हृदयाचा मार्ग त्यांच्या पोटामधून जातो" असे म्हणणाऱ्या नेपोलियनपूर्वी कोट्यावधी वर्षे निसर्गाने ही गोष्ट हेरली होती. म्हणूनच, लॅमेलिब्रँच (Lamellibrancs) नामक द्विपुटी मृदुकाय प्राणी निर्मिताना निसर्गाने त्यांच्या हृदयांचा भेद घेण्याचे टरविले. पण हे करताना त्याने "मदनबाण" वापरला नाही, तर पार्श्वआंतड्याचा उपयोग केला. या मृदुकाय प्राण्याच्या हृदयामधून आंतडे का जावे हे कोणालाच उमगलेले नाही. खरे पाहिले तर, रक्ताला पोषक द्रव्ये पुरविण्याचा तसा हा अगदी सोपा मार्ग ठरतो आणि यामुळे हृदयाच्या प्रत्यक्ष स्नायूना तशा द्रव्यांचा पुरवठा करण्याचे काम अतिशय प्रभावी ठरते.

हृदय आणि एकूण रक्त वाहिन्यांचे प्रमूख कार्य म्हणजे शरिराच्या सर्व भागांकडे आवश्यक ती द्रव्ये वाहून नेणे. काही द्रव्ये रक्तातून स्वतः वाहतात. पण इतर–मुख्यतः वायू-रक्तकोशिकांवर आरूढ होऊन मार्गक्रमण करतात. रक्ताच्या प्रत्येक घनमिलिमिटरमध्ये ४५ ते ५० लाख असे 'वाहक' असतात आणि त्यांची एकूण संख्या ३५,०००,०००,०००,००० भरते. जगातील जणू हा सर्वात मोठा काफिला ठरतो! रक्तकोशिका फक्त आठ मायक्रॉन आकाराच्या असतात खऱ्या पण एकापुढे एक ठेवीत गेल्यास पृथ्वीस विषुववृत्तासमीप त्यांचे सात वेढे पडतील! देवमाशासारख्या सर्वात मोठ्या प्राण्याच्या रक्तकोशिकांचे कित्येक काफिले बनतील आणि प्रत्येकाची लांबी सूर्यापर्यंत भरेल.

प्राण्यांमधील वहनाची पद्धती क्रमाक्रमाने विकसित होत गेली. एकपेशीय असा स्वतंत्र जीव निर्माण होण्यासाठी प्रथम वेगवेगळे संबंधित कण एकत्रित झाले आणि एका आवरणाच्या सहाय्याने ते समुद्रापासून वेगळे झाले. अशा एकपेशीय शरिरात वहनपद्धती कशी संघटित करावी याबाबत निसर्गास थोडा विचार करावा लागला. यावरील उपाय लवकरच सापडला आणि निसर्गाने सूक्ष्म समुद्राच्या स्वरूपात पेशीची उभारणी केली आणि त्यात त्याचा स्वतःचा प्रवाह निर्माण केला. अशा प्रकारची ही अतिसाधी आंतरपेशीय वहनपद्धती माणसासह इतर अनेक प्राण्यानी जतन केलेली आहे. आपल्या शरिरातील कोणत्याही पेशीचे जीवद्रव्य चलस्वरूपी (फिरते) असून अगदी मज्जापेशीतसुद्धा, पेशीद्रव्यांचे प्रवाह अस्तित्वात आले आहेत.

बहूपेशीय प्राण्याना यापेक्षा अधिक गुंतागुंतीची पद्धत विकसित करावी लागली. त्यांच्यापैकी अगदी प्राचीन जीवानी–उदाहरणार्थ पाण्यातील स्पंजानी–यासाठी पाण्याचा उपयोग केला. तथापि, पाण्याचे प्रवाह त्याना खात्रीलायक न वाटल्याने त्यानी आपल्या शरिराच्या छिद्रातून व मार्गातून पाणी वाहण्यासाठी व त्यायोगे सर्व भागाना पोषक द्रव्ये व प्राणवायू पुरविण्यासाठी केसलांचा (पापणीला असतात तशा केसांचा) वापर सुरू केला.

विकसित प्राणी पुढे समुद्रांपासून पूर्णतया वेगळे झाले आणि त्यानी वहनकार्यासाठी स्वतःचेच मत्स्यालयसदृश जलसाठे निर्माण केले. गॅस्ट्रोपॉड अथवा उदरपाद प्राण्यांचा जलसाठा, आज अस्तित्वात असणाऱ्या साठ्यांमध्ये सर्वात मोठा ठरतो. द्विपुटी मृदुकाय स्वरूपाचे हे प्राणी असून त्यांच्या शरिराच्या एकूण आकारमानचा नव्वद टक्के भाग रक्तमय असतो. हे तसे अवास्तवच म्हटले पाहिजे. कीटकांच्या आळ्यातील जलाशय, त्यांच्या वजनाच्या चाळीस टक्क्यांपेक्षा अधिक नसतो आणि पूर्ण वाढीच्या कीटकांमध्ये तर हा साठा २५ टक्केच असतो. पक्षी व सस्तन प्राण्यांमध्ये याहीपेक्षा कमी म्हणजे त्यांच्या वजनाच्या सात ते दहा टक्के जलसाठे असतात. सर्वात छोटा जलाशय माशांमध्ये आढळतो, त्यांच्या एकूण वजनाच्या फक्त १.५-३ टक्के!

जेवढा जलाशय लहान तेवढा तो अधिक तत्परतेने वापरला जातो. तसेच एकाच द्रवाचा अनेकदा वापर करण्यासाठी आवश्यक तो वेग यामुळे प्रवाहाला दिला जातो. अनेकदा ३० ते ३५ मिनिटाला एक पूर्ण आवर्तन

पुरे करण्याइतपत मंद वेगाच्या प्रवाहांची चैन किटकाना परवडते यात आश्चर्य वाहण्याजागे काहीच नाही. परंतु आपणाला ही चैन मात्र परवडण्याजोगी नाही कारण आपल्या "जलाशया"तील रक्ताचे एक आवर्तन फक्त २३ सेकंदात पुरे होते आणि या गतीने दर दिवशी ३,७०० हून जास्त आवर्तने होतात. हा तसा काही उच्चांक नाही. कुत्र्यामध्ये एक आवर्तन १६ सेकंदात, सशामध्ये ७.५ सेकंदात होते तर त्याहीपेक्षा छोट्या प्राण्यांमध्ये आवर्तनांचा काळ याहीपेक्षा कमी असतो.

पृष्ठवंशी प्राण्यांमध्ये हा प्रकार गुंतागुंतीचा असतो. कारण, त्यांचा जलाशय जरी मोठा असला तरी त्यात पाणी कमी, शिवाय त्यात भरही टाकता येत नाही. माणसाच्या शरिरातील साऱ्या रक्तवाहिन्यांची एकूण लांबी सुमारे एक लाख किलोमीटर भरते. त्यांच्यापैकी बऱ्याचशा रिकाम्याच असतात कारण त्या सर्व भरून टाकण्यास सात ते दहा लिटर्सचा एकूण रक्तसाठा अपुरा ठरतो. फक्त मेहनतीचे काम करणाऱ्या अवयवानाच पुरेसा व वेगाने रक्तपुरवठा केला जातो. म्हणूनच अवजड, मेहनतीचे काम अनेक अवयवांकडून एकाच वेळी होत नाही. पोटभर जेवण झाल्यावर पोटाकडे भरपूर रक्त पुरविले जाते. यावेळी मेंदूस, त्याचे काम नेहमीच्या गतीने करण्याइतपत रक्तपुरवठा होत नाही. परिणामी आपणास जेवणानंतर सुस्ती येते.

अंतर्गत जलाशयात प्रवाह-निर्मितीसाठी स्पंजांच्या केसलांपेक्षा अगदी वेगळया साधनाची जरूरी असते. त्यासाठी स्नायू-पंप अधिक विश्वासार्ह ठरले. अगदी पहिले पंप हे स्पंदन पावणाऱ्या भांड्यासारखे म्हणजे एकप्रकारे सामान्य स्वरूपाचे हृदयच होते. त्यांच्या सहाय्याने रक्तजल लहान भांड्यात व त्यातून पुढे आंतरकोशीय आणि आंतरपेशीय जागेत जाते. तेथून ते पुन्हा स्पंदन पावणाऱ्या भांड्याकडे परतते. अशा प्रकारची मुक्त पद्धत योग्य वहनास असमर्थ ठरते. म्हणूनच की काय, ज्याना पृष्ठवंशी प्राण्यचे उत्कृष्ठ प्रतिनिधी म्हणता येईल अशा कीटकांमध्ये केवळ जल बाहेर फेकणारे पंप विकसित झाले नाहीत, तर आत शोषून घेण्याचाही गुणधर्म त्यांमध्ये आला. यामुळे त्यांचे हृदय पक्षसम (पंखांप्रमाणे आकार असणाऱ्या) खास स्नायूंना लटकलेले असते. या स्नायूंमुळे हृदय ताणले जाते. त्यामुळे दाब कमी होऊन पेशींमधून जाणारा द्रव त्यात खेचला जातो.

स्पंदन पावणारे भांडे कमी क्षमतेचेच असते. कनिष्ठ प्राण्यांमध्ये अशी

साधने अनेक असतात. गांडुळाच्या शरिरात ती एका टोकापासून दुसऱ्या टोकापर्यंत गेलेली असून मागील टोकाकडून पुढील टोकाकडे रक्त ढकलले जाते व तेथून पुढे सूक्ष्म रक्तवाहिन्यात शिरते. ही सारी "हृदये" आपापले काम स्वतंत्ररीत्या करीत असतात आणि नजिकच्या सहचारी हृदयापुरतेच कामाचे सुसूत्रिकरण झालेले असते. एकूण सांघिक कामाची एवढीच व्याप्ती.

विकसित वरिष्ठ प्राणिमात्रास स्वत:स बाह्य आणि अंतर्गत समुद्रांपासून वेगळे करून स्वत:साठी बंदिस्त स्वरूपाचे परिवहन तंत्र उपलब्ध करणे सोयीस्कर आणि उपयुक्त ठरले. तथापि हा प्रश्न अद्यापीही समाधानकारकरित्या सुटलेला नाही. सस्तन प्राण्यांच्या अंतर्गत नदीची मुख्य प्रवाह व्यवस्था बंदिस्त स्वरूपाची खरी पण आंतरकोशिय आणि आंतरपेशीय जागांतील द्रव वाहून नेण्यास अनेक छोटेचा "नद्यांचा" आणि रक्तरसांच्या "पात्रांचा" उपयोग होतो.

याचा अर्थ असा होतो की अंतर्गत समुद्रातील पाणी घेण्यापासून उंतीनी व अवयवानी स्वत:स दूर ठेवले पण त्यामध्ये आपला द्रव टाकण्याचा हक्क मात्र राखून ठेवला. अर्थात या अंतर्गत समुद्राची अलगता केवळ सापेक्षच ठरते. केशवाहिन्यांच्या बाजू बऱ्याचशा पातळ असतात आणि त्यातून वाहणाऱ्या रक्ताचा दाब जास्त असतो. या दाबामुळे बाजूंमधून आंतरपेशीय जागांमध्ये द्रवपदार्थ थोडाफार झिरपतो. जर रक्ताचा अर्बुदी दाब (रक्तात प्रथिने विरघळल्यामुळे निर्माण होणारा सूजसदृश दाब) जास्त नसता तर, हे पाझरणे आणखी वाढले असते. अर्बुदी दाबामुळे रक्त प्रवाहातील पाणी वेगळे होण्यास प्रतिबंध होतो.

विश्रांतीकालात अल्पसे पाणी उतींमध्ये झिरपते खरे पण ते सारे पुन्हा केशवाहिन्यांच्या नीला भागात परतते. या ठिकाणी रक्तरसाच्या अर्बुदी दाबापेक्षा रक्ताचा दाब कमी असतो. रक्तरसात विरघळलेल्या प्रथिनांकडून हे पाणी रक्तरसांकडे वेगाने आकर्षित होते. केशवाहिन्यांच्या नीला भागात कार्यरत असणारा दाब धमनीभागातील दाबाच्या दुप्पट असतो. म्हणूनच फेकला गेलेला सारा द्रव परततो.

तथापि प्राणी काम करीत असतानाची परिस्थिती अगदी वेगळी असते. या वेळी केशवाहिन्यांच्या धमनीभागातील रक्तदाब एवढा उच्च असतो की त्यांच्या भिंती पाणीच काय पण प्रथिने रोखण्यासही असमर्थ ठरतात. केशवाहिनीच्या नीला भागात रक्ताचा दाब बराच उच्च राहतो पण प्रथिनांच्या

कमतरतेमुळे अर्बुदी दाब घटतो. द्रवपदार्थास रक्तप्रवाहामध्ये परतण्यास उद्युक्त करणारी परिस्थिती रहात नाही किंवा तशी संधीही मिळत नाही. त्यास एकच पर्याय उरतो आणि तो म्हणजे रक्तरसात जाण्याचा. जोरदार पावसाचे पाणी रस्त्यात वा चौकात साचू नये म्हणून गटारांची सोय केलेली असते, तसाच हा प्रकार होय.

कोणी असा निष्कर्ष काढेल की पूर्णतया बंदिस्त पद्धती ही हृदयाच्या कार्यात सुलभता आणणारी आहे. पण प्रत्यक्षात मात्र तसे नाही. केशवाहिन्या आणि सूक्ष्म रोहिण्या यातील रक्त खेचण्यास चांगलाच जोर लावावा लागतो. रोहिण्याना जसजशा अधिकाधिक शाखा फुटत जातात तसे त्यांचे एकूण छेदक्षेत्रफळ वाढत जाते, एवढे की अखेर ते हृदयातील रक्त वाहून नेणाऱ्या महारोहिणीच्या ८०० पट भरते. याचा परिणाम अवरोध वाढण्याकडे होतो. वस्तुस्थिती अशी आहे की शरिरात १०० ते १६० हजार दशलक्ष केशवाहिन्या असून त्यांची लांबी ६० ते ८० हजार किलोमीटर्स भरते. सुप्रसिद्ध रशियन शरीरवैज्ञानिक आय्. एफ्. त्सीओन यांच्या मतानुसार युरोपातील सर्वात उंच – ४८१० मीटर्स – माँट ब्लँक नामक पर्वताच्या टोकावर एक मालगाडी खेचण्यास जेवढे कार्य करावे लागेल तेवढे कार्य माणसाच्या हृदयामार्फत आयुष्यभरात होते.

जरी माणूस हलचाल विरहित स्थितीत असला तरी तशाही स्थितीत, हृदय दर मिनिटास सहा लिटर्स, म्हणजेच दिवस भरात कमीत कमी सहा ते दहा टन रक्त खेचते. आयुष्यभरात आपले हृदय १५० ते २५० हजार टन रक्त खेचते. मात्र, माणसाने त्याबद्दल अभिमान बाळगावा एवढा काही हा महान विक्रम नाही.

लहान आणि मोठ्या प्राण्यांच्या हृदयांमार्फत जे कार्य होते त्याची सरळसरळ तुलना केल्यास ती अचूक ठरणार नाही. म्हणून, शरिराच्या दर शंभर ग्रॅम वजनामागे, दर मिनिटास हृदयाने किती रक्त खेचले याचे गणित शास्त्रज्ञ करतात. मंद गतीच्या गोगलगायीच्या हृदयावर जवळजवळ माणसाच्या हृदयाएवढाच ताण पडतो, तथापि बहुतेक सर्व प्राण्यांची हृदये अधिक तीव्रतेने कार्यरत असतात. उदाहरणार्थ, कुत्र्याचे हृदय, माणसापेक्षा दुप्पट रक्त खेचते तर मांजराचे हृदय दसपट अधिक.

हृदय काम करीत असता रोहिण्यांमध्ये खूपच उच्च दाब राखला जातो. टोळ किंवा नाकतोड्याची आळी किंवा बेडुक अशा सारख्या छोट्या प्राण्यातील दाबदेखील पाऱ्याची उंची ३० किंवा ३८ मिलिमिटरपर्यंत दर्शवितात. ऑक्टोपसच्या बाबतीत ती ६० ; उंदराच्या बाबतीत ७५, माणसाच्या बाबतीत १६०-१८० आणि घोड्याच्या बाबतीत पारा २०० मिलिमीटर उंची गाठतो.

सामान्यतः जेवढा प्राणी मोठा तेवढा त्याचा रक्तदाबही जास्त असतो. वांब, देवमासे आणि इतर मासे यांच्या बदलत्या आकारावरून हे सहज दिसून येते. तथापि यास अनेक अपवादही असून याचे एक उदाहरण म्हणजे कोंबडा. घोड्याएवढाच त्याचाही रक्तदाब असतो.

निळ्या देवमाशाच्या हृदयाचे वजन ६०० ते ७०० किलोग्रॅम भरते तर निळ्या टिट् पक्षाच्या हृदयाचे वजन त्यापेक्षा ५ अब्ज पटीने कमी म्हणजे फक्त ०.१५ ग्रॅम असते. उघडच आहे की अगदी सुस्तावस्थेतसुद्धा निळ्या देवमाशाचे हृदय, ब्ल्यू टिट्च्या मानाने कितीतरी जास्त कार्य करेल. अचूक अंदाज येण्यासाठी हृदयाच्या एक ग्रॅम वजनाच्या स्नायूनी किती काम केले याची तुलना केली जाते. याही बाबतीत माणसास शेखी मिरविता येणार नाही. आपल्या हृदयाच्या एक ग्रॅम स्नायूमार्फत दर मिनिटास ४००० ग्रॅम-सेंटिमीटर एवढे कार्य केले जाते आणि ते गोगलगायीचे हृदय करीत असणाऱ्या कार्याएवढेच भरते. बेडकाचे हृदय यापेक्षा तिप्पट, सशाचे हृदय पाचपट तर पांढऱ्या उंदराचे हृदय बारा पट जास्त कार्य करते.

या पृथ्वीवर बरेचसे प्राणी क्षितिजरूपी (आडवे) आहेत. त्यांचे मेंदू आणि हृदय हे दोन महत्त्वाचे अवयव एकाच समान पातळीत असतात. हे फार सोयीस्कर ठरते कारण मेंदूस रक्तपुरवठा करण्यासाठी अशा प्राण्यांच्या हृदयास जादा श्रम पडत नाही. हृदयापेक्षा मेंदू अधिक उंचीवर असणाऱ्या मानवाच्या बाबतीत मात्र तसे नाही. हाच न्याय सहा मीटर उंचीच्या जिराफास लागत असून त्याचे हृदय मेंदूपासून दोन ते तीन मीटर खाली असते. ही सर्वसाधारण रचना असणाऱ्या प्राण्यांचा (माणूस, कोंबडा, जिराफ, इ.) रक्तदाब अधिक असतो.

एखाद्या आडव्या स्वरूपाच्या प्राण्याने जर अनैसर्गिक अवस्था स्वीकारली तर मेंदूस रक्तपुरवठा करण्यास त्याचे हृदय असमर्थ ठरते. एखाद्या सशास किंवा सापास उभ्या स्थितीत ठेवले तर मेंदूतील रक्तक्षयाने त्यास मूर्च्छा येईल. अशा प्राण्यांचे डोके हृदयापेक्षा खालच्या पातळीत ठेवले तरीही त्याना ते सुखकारक वाटणार नाही. कारण, मेंदूस होणाऱ्या रक्तप्रवाहात

गोंधळ किंवा फाटाफूट निर्माण होईल. तथापि, प्राणिजग हे नामांकित कसरतपटूंनी समृद्ध आहे. वटवाघूळ हे त्याचे अगदी ठळक उदाहरण असून आपले शरीर कोणत्या स्थितीत आहे याबाबत ते बेफिकिर असते!

रक्ताभिसरणाच्या कार्यामध्ये एक महत्त्वपूर्ण विसंगती आहे. एकीकडून असे दिसून येते की रक्ताचा पुरेसा पुरवठा चालू ठेवण्यास रक्तदाब उच्च स्वरूपाचा असणे जरूर आहे. तथापि, उच्च रक्तदाब म्हणजे संकटाना निमंत्रणच असून नित्यवत् कार्यात केव्हा खो पडेल याची शाश्वती नाही. एखादी प्रमुख रोहिणी जर फुटली किंवा कापली गेली तर बरेचसे रक्त व वाहून जाऊन ताबडतोब मृत्यू येईल.

एकंदर कार्यव्यवस्थेत जरूर तो दाब राखण्यासाठी तीमध्ये वायुभारमापी आकलकांची नियंत्रणात्मक योजना केलेली असते. सस्तन प्राण्यांमधील अत्यंत महत्त्वाचे आलोकक महारोहिणीच्या कमानीमध्ये; मेंदूला रक्त पुरविणाऱ्या ग्रीवा रोहिणींच्या कोटरामध्ये; कर्णिकांमध्ये आणि दुःखसंवेदी मज्जांच्या टोकांशी असतात. दाबामध्ये काही बदल झाला की हे आलोकक ताबडतोब मेंदूकडे (पश्चमस्तिष्काकडे) संदेश पाठवितात. लगेच हृदयामार्फत, विशेषतः रक्तवाहिन्यांमार्फत दाब पूर्वस्थितीत आणला जातो. दुय्यम व लहानसर रोहिण्यांच्या भिंतीमध्ये जे स्नायू असतात त्यांच्या सहाय्याने त्या आक्रसणे किंवा पसरणे शक्य होते. जेव्हा त्या आक्रसतात तेव्हा रक्तप्रवाहात अडथळा येऊन दाब वाढतो आणि पसरल्या असता दाब पूर्वस्थितीत येतो किंवा रक्तप्रवाहात खंडही पडू शकतो.

मानवी हृदय आयुष्यभर सातत्यपूर्वक स्पंदन पावत असते. एका आकुंच-नामागोमाग दुसरे आकुंचन याप्रमाणे अहोरात्र ऋतुनिरपेक्ष त्याचे कार्य चालूच राहते. गर्भधारणेनंतर एकोणतिसाव्या तासाला, गर्भाच्या पेशीयुक्त गोळ्यात काहीतरी "धडधड" होण्यास सुरुवात होते. तसेच, कोणत्यातरी मार्गे, द्रवपदार्थांचे वहनही सुरू होते. या गर्भास आपले काम सुरू करण्याचा संदेश कुठून व कोणाकडून मिळतो? कारण, जीवाच्या भावी आयुष्यात नियंत्र-णाचे काम करणाऱ्या मेंदूची तर या वेळेपावेतो नामोनिशाणीही नसते.

पूर्ण वाढीच्या प्राण्यांमधील हृदयाचे स्पंदन जरी मेंदूकडून येणाऱ्या संदेशानुरूप होत असले तरी हृदय या संदेशांकडे दुर्लक्ष करून स्पंदनाची लय स्वतंत्रपणे ठरवू शकते. किंवा, असेही म्हणता येईल की हृदय स्वतः पुढाकार घेऊन आपले काम आपणहून सुरू करते. हृदयाचे हे वैशिष्ट्य सहजासहजी

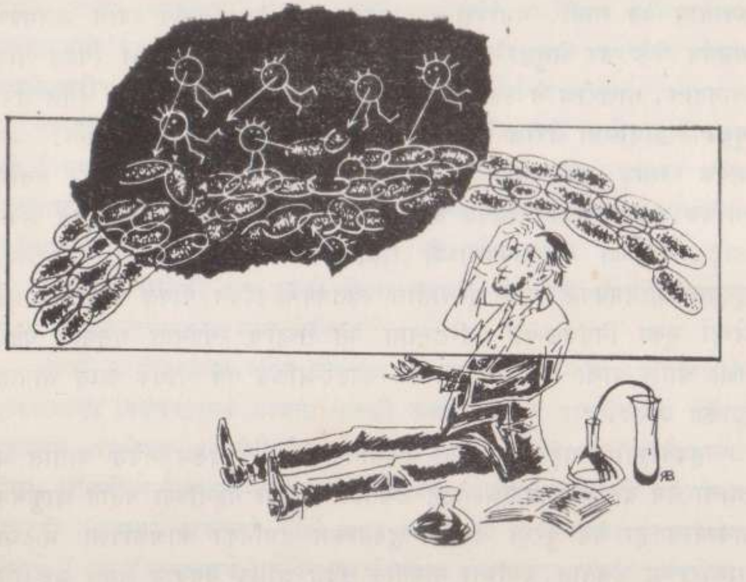
ध्यानात येत नाही. गर्भाच्या हृदयाचे स्नायू वेगळे करून त्यांचे अलगपणे संवर्धन केले तर तेसुद्धा कोणत्याही संदेशाची वाट न पाहता स्पंदन पावू लागतात, याखेरीज ते स्वस्थ राहूच शकत नाहीत. हे जरी खरे असले तरी मुख्य 'कार्यालया'खेरीज कामाचे सुसूत्रिकरण होणे अशक्यच असते. जर प्रत्येक स्नायू स्वतःच्या "लहरी"नुसार स्पंदन पावू लागला तर सर्वांचे सांघिक स्पंदन केवळ अशक्य आहे. केवळ योगायोगानेच झाले तरच शक्य आहे. गर्भाच्या आयुष्यकालाच्या सुरुवातीस नेमके हेच घडते. उंदराच्या हृदयातील वेगवेगळे भाग सुरुवातीस स्वतंत्रपणे स्पंदन पावत असतात. पुढे जेव्हा मुख्य नियंत्रण-केंद्र अस्तित्वात येते तेव्हाच स्पंदनात सुसूत्रता येते. पक्षी आणि प्राणी यांच्या हृदयातील कोटर-अलिंद पर्व नामक खास भागात हे केंद्र असते.

हृदयाच्या स्नायूंमध्ये मज्जा नसतात. स्नायू-तंतूंवरून संदेश जातात व त्यांचा वेग दर सेकंदास एक मीटर असतो. कर्णिका नेहमीच्या गतीने आकुंचन पावण्यास हा वेग पुरेसा असतो. हृदयाच्या जवनिका कर्णिकांपेक्षा मोठ्या आकाराच्या असतात. त्यांच्या बाबतीत संदेश अधिक वेगवान असणे जरूरीचे ठरते. त्यासाठी पुरकिंजे नामक धागे (गोळीबंद धागे) असून त्यावरून संदेश पाच ते सहा पट वेगाने जातात.

प्रत्येक प्राण्याच्या हृदयात एकच प्रमुख केंद्र असते आणि ते "गतिकारक" (गती देणारे) या नावाने ओळखले जाते. गतिकारकांची संख्या अधिक असल्यास नक्कीच गोंधळ माजेल. तथापि चमत्कारिक उदाहरणे काही दुर्मिळ नाहीत. जलोद्गारी प्राणी आणि काही चोलधारी प्राणी यांच्यात दोन गतिकारक असून ते स्पंदन पावणाऱ्या रक्तवाहिन्यांच्या टोकांपाशी प्रत्येकी एक याप्रमाणे असतात. अशा प्राण्यांतील रक्तप्रवाह ठराविक वेळाने दिशा बदलतो.

पृष्ठवंशी प्राण्यांच्या हृदयातील अशा स्वयंचलित कार्यपद्धतीमुळे हृदय शरिरापासून जरी वेगळे केले तरी ते आपले स्पंदनाचे कार्य चालूच ठेवते. हृदयरोगावरील कोणतेही नवीन औषध प्रथम बेडकाच्या वेगळ्या केलेल्या हृदयावर अजमावून पाहतात, ते एवढ्याच साठी. योग्य अशा प्रायोगिक वातावरणात हे अलग केलेले हृदय कित्येक तासांपर्यंत काम करत राहते.

अशी एक दृढ गैरसमजूत आहे की मृत्यू झाल्यानंतर हृदयाचे स्पंदन किंवा कार्यही आपोआप बंद पडते. प्रत्यक्षात तसे नेहमीच घडते असे नाही.



एका बालकाचे हृदय चार दिवसानी परत सुरू करण्यात रशियन शरीरशास्त्रज्ञ अंद्रेयेव यशस्वी झाले आहेत.

फार पूर्वीच्या काळी हे असे काही होणे शक्य आहे याची पुसटशी कल्पनाही लोकाना नव्हती. असे सांगतात की ५ वा कार्ल यास औषधोपचार करणाऱ्या वैद्य अँड्रीज व्हेसालियससह काही मोजक्या वैद्यकशास्त्रज्ञानाच मृत शरिरांची चिरफाड करण्याची परवानगी होती. पुढे एका "जिवंत" स्त्रीच्या शरिराची चिरफाड केल्याचा आरोप व्हेसालियस वर ठेवला गेला आणि त्यास देहदंडाची शिक्षा ठोठावण्यात आली. तथापि, त्यावेळी गादीवर असणाऱ्या २ ऱ्या फिलिप्सच्या दयेमुळेच ती कमी झाली आणि व्हेसालियसने सिनाई पर्वतावरील व जरूसलेममधील पवित्र स्थानाची यात्रा करून पापमुक्ती मिळवावी असे फर्माविण्यात आले. ही यात्रा करता करताच व्हेसालियस मृत्यूमुखी पडला हा भाग वेगळा.

अतिशय विद्वान आणि मान्यवर शरीरशास्त्रज्ञावर त्या काळी असा आरोप येण्याचे कारण हे की ती स्त्री जरी खरोखरीच मरण पावली होती तरी तिच्या हृदयाचे स्पंदन चालूच राहिले. मृत्यूनंतरही हृदय कित्येक तास का चालू रहावे याचा उलगडा होऊ शकला नाही. हे सारे नाटच पाहणा-

ऱ्यांच्या मनात मात्र ती स्त्री खरोखरीच जिवंत आहे याबद्दल तिळमात्र शंका नव्हती. व्हेसालियस पुरते बोलावयाचे झाल्यास, आपल्या निष्काळजी-पणामुळेच हा "अपघात" झाला याची त्यास मनोमन खात्री पटली आणि मिळालेली शिक्षा योग्यच आहे असे त्याने मानले.

तरंगच तरंग

आपल्या "व्यक्तिगत समुद्रा"चे किनारे तरंग किंवा लाटानी सतत धुतले जात असून या लाटा निळ्या नसून शेंदरी रंगाच्या आहेत. तथापि, कार्बन डायॉक्साईड आणि चयापचयातून निर्माण झालेले पदार्थ रक्तात मिसळून त्यास निळ्या रंगाची छटा प्राप्त होते. अगदी ११ व्या शतकापासून ही वस्तुस्थिती माहित असावी. मध्य स्पेनमधील कॅस्टाईल नामक पुरातन राज्यातील उच्च वर्गीय सरदार-उमरावादी लोक "आपले रक्त निळ्या रंगाचे आहे" असा दावा करीत. ज्यांच्या जुलुमशाहीतून त्यानी आपली सोडवणूक करून घेतली होती. त्या मूर जमातीशी कोणताही संबंध नाही हे दर्शविण्यासाठीच हा दावा केला जाई, कारण मूर लोकांचे रक्त काळपट-रंगी असल्याचा समज होता. खरे पाहता, काही निवडक जातीच्या कवच-धारी प्राण्यांचेच रक्त निळ्या रंगाचे असते.

आपल्या अंतर्गत समुद्राच्या पाण्यात पेशीना आवश्यक असणाऱ्या सर्व पदार्थांचा समावेश असतो. अविकसित प्राण्यांमधील उतिजलाचे घटक नेहमी-च्या समुद्रजलासदृशच असतात. जेवढा प्राणी विकसित तेवढे त्याच्या रक्त-रसाचे आणि रक्ताचे स्वरूप गुंतागुंतीचे असते. क्षाराव्यतिरिक्त, रक्तामध्ये जीवनसत्वे, प्रथिने, मेदद्रव्ये, संप्रेरक, शरीरशास्त्रीयदृष्टया क्रियाशील द्रव्ये आणि शर्कराप्रकारही असतात. आज तरी पक्षांचे रक्त अत्यंत गोड तर माशांच्या रक्तात सर्वात कमी शर्करा आढळते.

रक्ताचे मुख्य कार्य म्हणजे परिवहनाचे असून त्यायोगे पोषकद्रव्ये सर्व शरीरभर खेळविली जातात. आतड्यांमधून पोषकद्रव्ये तर फुफ्फुसांपासून प्राणवायू मिळविला जातो. अविकसित प्राण्यांच्या शरीरभर जो द्रव खेळविला जातो त्यात प्राणवायू आणि इतर द्रव्ये केवळ विरघळलेल्या अवस्थेत असतात. विकसित प्राण्यांमध्ये एक खास द्रव्य विकसित झाले असून ते केवळ प्राण-

वायूशीच संयोग पावत नाही तर जिथे त्याची कमतरता आहे त्या ठिकाणी प्राणवायू मोकळा करून त्याचा पुरवठा करते. काही विशिष्ट आणि गुंतागुंतीच्या रचनेतील प्रथिनांमध्येही हा वैशिष्टयपूर्ण गुणधर्म आढळत असून त्यात लोह आणि तांबे आढळते. हेमोसायानिन नामक प्रथिनात तांबे असून ते निळ्या रंगाचे असते, तर हीमोग्लोबिन या प्रथिनात लोह असून ते लाल रंगी असते.

हीमोग्लोबिनच्या अणूमधील मुख्य भाग प्रथिनयुक्त व उर्वरित भाग लोहयुक्त असतो. सर्व प्राण्यात लोहयुक्त भाग एकसारखा असतो, पण प्रथिनयुक्त भागाचे खास गुणधर्म असून त्यामुळे अगदी नजिकच्या नात्यागोत्यातील प्राण्यांच्या बाबतीतही भेदभाव सांगता येतो.

वर सांगीतलेच आहे की पेशीना जरूर ती सर्व द्रव्ये रक्तात असतात. रक्तवाहिन्यातून रक्त वाहताना पेशी आपणास पाहिजे ती द्रव्ये निवडून घेतात. फक्त प्राणवायूयुक्त द्रव्य सुरक्षित राखणे आवश्यक असते. जर ते पेशीना घेत आले, तिथे त्यांचे विघटन झाले आणि शरिराच्या गरजा भागविण्यासाठी वापरले गेले तर प्राणवायू वाहून नेण्यात अडचणी निर्माण होतील.

अगदी सुरुवातीपासूनच निसर्गाने मोठ्या आकारातील अणू निर्माण करण्यास सुरुवात केली. सर्वात हलक्या अशा हायड्रोजनच्या परमाणूभारापेक्षा दुप्पट वजनाचे तर काही अगदी कोट्यावधी पट जास्त वजनाचे. अशी प्रथिने पेशीच्या पटलातून आरपार जाऊ शकत नाहीत. खूपशा मोठ्या छिद्रातूनही ती आरपार न जाता अडकून राहतात. यामुळे ती रक्तातच दीर्घ काळ राहतात आणि पुन्हा वापरली जातात. विकसित प्राण्यांमध्ये हा प्रश्न हिमोग्लोबिनने सोडविला असून त्याचा परमाणूभार हायड्रोजनपेक्षा १६ हजार पट जास्त आहे. तसेच, हिमोग्लोबिन सभोवतालच्या उतींमधून जाऊ नये यासाठी त्याना एका खास आवरणात ठेवलेले असते. हे आवरण उर्फ रक्तकोशिका आपल्या रक्त प्रवाहातच फिरत असतात.

बऱ्याचशा प्राण्यातील या रक्तवर्णी कोशिका गोलाकार असतात पण काहींमध्ये—उदाहरणार्थ उंट आणि लामांमध्ये—मात्र लांबट गोलाकार आढळतात. हे असे का, याचे समाधानकारक उत्तर अद्यापीही मिळालेले नाही.

सुरुवातीच्या प्राण्यांमध्ये रक्तकोशिका मोठ्या आणि अवजड स्वरूपाच्या होत्या. आता नष्ट झालेल्या आणि पूर्वी गुहेत वसती करणाऱ्या एका उभयचर

प्राण्यातील रक्तकोशिका ३५ ते ३८ मायक्रॉन* व्यासाच्या आढळल्या. बहुतेक उभयचर प्राण्यांतील कोशिका यापेक्षा खूपच लहान असतात. क्वचितप्रसंगी ११०० घन-मायक्रॉन आकारमानाच्याही आढळून येतात. अर्थात हे गैरसोयीचे ठरले. जेवढी पेशी मोठी तेवढे तिचे पृष्ठभागीय क्षेत्रफळ (सापेक्षत:) कमी भरते. पृष्ठभागीय क्षेत्रफळाच्या मानाने हिमोग्लोबिनचे प्रमाण अधिक ठरून त्याचे पूर्णपणे कार्य होण्यात अडथळा निर्माण होतो. हे पटल्यावर निसर्गाने रक्तकोशिकांचा आकार कमी करण्याचे ठरवले. परिणामी पक्ष्यांच्या बाबतीत तो १५० घनमायक्रॉन तर सस्तन प्राण्यात ७० पर्यंत कमी झाला. माणसामध्ये त्या आठ मायक्रॉन व्यासाच्या आणि ९० घन मायक्रॉन आकारमानाच्या असतात.

कित्येक सस्तन प्राण्यात या रक्तकोशिका याहीपेक्षा लहान आढळतात. बकऱ्यांमध्ये त्या फार तर चार आणि कस्तुरी मृगात अडीच मायक्रॉन व्यासाच्या असतात. बकऱ्यांमध्ये एवढ्या लहान कोशिका का याचे उत्तर सोपे आहे. पाळीव बकरे हे अत्यंत विरळ हवामान असणाऱ्या पर्वतांवरील प्राण्यांचे वंशज होत. या कारणामुळेच त्यांच्या दर घनमिलिमिटर रक्तामध्ये एक कोटी पंचेचाळीस लाख एवढ्या मोठ्या संख्येत रक्तकोशिका असतात. उभयचर प्राण्यांची चयापचय क्रिया कमी तीव्र असल्यामुळे रक्तकोशिकांची संख्या फक्त ४० हजार ते १ लाख ७० हजार आढळते.

आकारमान कमी करण्याचे ठरल्यावर, पृष्ठवंशी प्राण्यातील रक्तोशिका चकत्यांप्रमाणे चपट्या झाल्या. अशा प्रकारे प्राणवायू विखुरण्याची खोली कमीत कमी केली गेली. माणसातील अशा ह्या चकत्या उभयांतर्गोल असल्यामुळे पेशीचे आकारमान आणखी कमी तर झालेच पण पृष्ठभागीय क्षेत्रफळात वाढही झाली.

रक्तकोशिकांसारख्या "पेटी" तून हीमोग्लोबिन वाहून नेणे अतिशय सोयीस्कार खरे तथापि, "गव्हाबरोबर भुसकटही न्यावीच लागते" या न्यायाने रक्तकोशिका सजीव पेशी असल्यामुळे त्या स्वत: बराचसा प्राणवायू वापरतात. निसर्गास अशा उधळपट्टीचा तिटकारा असून हा निरर्थक व्यय थांबविण्यासाठी त्यास गंभीरपणे विचार करावा लागला.

पेशीचा सर्वात महत्त्वाचा भाग म्हणजे त्याचा केंद्रक ऊर्फ प्रकल. जर

* १ मायक्रॉन-एक-हजारांश मिलिमिटर.

9—726

तो काळजीपूर्वक वेगळा केला (अशा प्रकारचे अत्यंत सूक्ष्म शल्यकर्म करणे आजच्या तज्ज्ञांच्या आवाक्यात आलेलेच आहे) तर अशी केंद्रकविरहित पेशी, जरी सजीव राहत असली तरी अ-जननक्षम ठरते आणि तिची चयापचय क्रिया प्रकर्षाने कमी होते. निसर्गाने नेमका हाच तोडगा वापरण्याचे ठरविले आणि रक्तकोशिका केंद्रकविरहित करून टाकली. रक्तकोशिकांचे खरे कार्य म्हणजे हीमोग्लोबिन वाहून नेणे. हे काम अक्रियाशील स्वरूपाचे असून त्यात कोणताच अडथळा असता कामा नये. याउलट, चयापचय-क्रियेत वरील कपातीमुळे प्राणवायूच्या खर्चात चांगलीच घट साधता आली.

रक्त हे केवळ परिवहनाचे साधान नसून इतर अनेक महत्त्वाची कामे ते करते. रक्तवाहिन्यांमधून वाहणारे रक्त फुफ्फुसे आणि आतडी या माध्यमाद्वारे बाह्य परिसराच्या संपर्कात येते. हे दोनही अवयव – विशेषत: आतडे – अत्यंत घाणेरड्या जागा असतात. येथून जीवजंतू रक्तात सहजगत्या घुसू शकतात. पण तसे का घडत नाही? वास्तविक रक्त हे उत्कृष्ठ पोषक द्रव्यानी आणि प्राणवायूने अगदी समृद्ध असते. तथापि, जर दक्ष आणि कठोर असे पहारेकरी दाराशी नसते तर त्या मृत्यूमार्गी लागल्या असत्या.

पहारेकरी नेहमीच हजर असतात. जीवनारंभी जीवातील सर्व पेशी अन्नकण मिळविण्यास आणि ते पचनी पाडण्यास समर्थ होतात. त्याच सुमारास जीवाने, हालचाल करू शकणाऱ्या आणि अमीबासदृश पेशी स्वतः-साठी उपलब्ध केल्या. त्या स्वस्थ कधीच बसत नाहीत तर द्रवपदार्थाची वाट पाहतात आणि काही रूचकर खाद्य मिळते का याची प्रतिक्षा करतात. त्याचबरोबर, "रोजची न्याहरी" मिळावी म्हणूनही प्रयत्नशील असतात. हे फिरते शिकारी ऊर्फ श्वेतकोशिका, जीवमात्रात शिरणाऱ्या जीवजंतूविरुद्ध तात्काळ "युद्ध" पुकारतात.

माणसाच्या रक्तातील या श्वेतकोशिका सर्वात मोठ्या पेशी असून आठ ते तेवीस मायक्रॉन आकारात त्या आढळतात. आपल्या शरिरातील, शुभ्र-वर्णी सैलसर आवरणातील या आरोग्यरक्षकानी पचनक्रियेत दीर्घ कालापासून क्रियाशील भाग घेणे चालू ठेवले आहे व अलिकडच्या उभयचरांमध्ये हे कार्य त्या आजही करतात. अविकसित प्राण्यांमध्ये त्या मोठ्या संख्येत आढळ-ल्यास नवल वाटू नये. माशाच्या एका घन मिलिमिटर रक्तात त्यांची संख्या ८० हजार भरते. सशक्त मा सापेक्षा ती दहा पटीनी जास्त आहे.

रोगकारक जंतूंशी मुकाबला करण्यासाठी अगणित श्वेतकोशिकांची जरूरी

असते आणि जीव त्या विपूल संख्येत निर्माणही करतो. तथापि, त्यांचे आयुर्मान ठरविणे कठीण आहे. श्वेतकोशिका या अर्थातच "योद्धे" असतात त्यामुळे वृद्धापकालापर्यंत सहसा जगत नसाव्यात. युद्धात, म्हणजेच आरोग्य रक्षणार्थ त्या मरण पावतात. भिन्न भिन्न प्रायोगिक परिस्थितीत, वेगवेगळ्या प्राण्यातील श्वेतकोशिकांचे आयुर्मान तेवीस मिनिटांपासून पंधरा दिवसांपर्यंत का आढळते त्याचे कारण यामुळे कळू शकते. अधिक अचूक माहिती लसिका-कोशिका या रक्तातील शुभ्रवर्णी पेशींसंबंधी उपलब्ध असून त्यांचे आयुर्मान दहा ते बारा तासांचे असते. याचा अर्थ असा की दिवसातून निदान दोन वेळा तरी शरिरातील लसिका-कोशिकांच्या साठ्याचे पूर्णतया नूतनीकरण होते.

या श्वेतकोशिका केवळ रक्तातच फिरण्यास समर्थ असतात असे नसून जरूर भासल्यास खोल अंतर्भागातही शिरतात आणि तेथे पोहोचलेल्या रोगजंतूंशी सामना देतात. जीवास धोकादायक असणारे रोगजंतू नाहीसे करताना जंतूंच्या तीव्र विषाने या श्वेतकोशिका मरण पावतात पण शरण कधीच जात नाहीत. रोगजंतूंचा जेथे शिरकाव झाला असेल तेथे त्यांच्यावर ओळीमागून ओळी, पलटणींमागून पलटणी तुटून पडतात आणि जोपर्यंत शत्रू हतबल होत नाही तोपर्यंत हा लढा चालूच राहतो. "जिंकू किंवा मरू" हाच त्यांचा निश्चय असतो. अशी प्रत्येक श्वेतकोशिका सुमारे वीस रोगजंतूंचा नायनाट करण्यास समर्थ असते.

निरनिराळ्या ठिकाणच्या श्लेश्मल पटलावरही श्वेतकोशिका अवतीर्ण होत असतात. या ठिकाणी रोगजंतूंना आमंत्रित करणारी परिस्थिती नेहमीच असते. आपल्या घशाच्या पोकळीत दर मिनिटास २ लाख ५० हजार श्वेतकोशिकांचे आगमन होत असते. दर चोवीस तासात घडणाऱ्या लढ्यात, शरिरातील एकूण संख्येपैकी १/८० कोशिका "धारातीर्थी" पडतात.

केवळ रोगजंतूंशी लढणे एवढेच श्वेतकोशिकांचे काम नसते. आणखी एक महत्त्वाचे काम त्यांच्यावर सोपविलेले असते, ते म्हणजे नादुरुस्त व झिजलेल्या पेशींची विल्हेवाट लावणे. अशा "केरकचऱ्यांचे" ढीग हालविणे आणि नव्या पेशींच्या निर्मितीसाठी जागा उपलब्ध करून देणे हे काम सतत चालू असते. तरुण श्वेतकोशिकाही अशा कामात भाग घेत असतातच शिवाय त्या हाडे, ती जोडणाऱ्या उती आणि स्नायू यांच्या उभारणीही भाग घेतात.

आपण पुढे कोण होणार याचा "विचार" श्वेतकोशिकाना तरुणपणीच

करावा लागतो. रोगजंतूंशी लढणाऱ्या भक्षिकोशिका बनावयाचे की तंतूमय उतींची निर्मिती आणि बांधकामाच्या जागेवर काम करणाऱ्या तंतुजनकोशिका व्हायचे किंवा लठ्ठ पेशी बनून आरामात वेळ घालवित बसावयाचे हे ठरविणे आवश्यक असते.

रोगजंतूंच्या शरिरात होणाऱ्या आक्रमणाविरुद्ध कारवायात केवळ श्वेतकोशिका कधीच पुरेशा पडत नाहीत. म्हणूनच, रोगजंतूंचा एकत्रित गठ्ठा करणारी, त्याना ठार करून द्रवीभूत करणारी आणि त्यांच्यामुळे निर्माण झालेल्या विषाचे निरूपद्रवी पदार्थात रूपांतर करणारी अशी वेगवेगळी द्रव्ये सर्व प्राण्यांच्या रक्तात असतात. यापैकी काही प्रकार आपणास वाडवडिलांपासून मिळतात तर काहींची निर्मिती सभोवतालच्या अगणित शत्रूंचा प्रतिकार करता करता केली जाते.

यापूर्वी उल्लेखिलेल्या वायुभारमापी आकलकानी रक्तदाबावर कितीही काळजीपूर्वक लक्ष ठेवले तरी धोका केव्हाही निर्माण होऊ शकतो. पुष्कळदा तो बाह्यकारणानीही निर्माण होतो. शरिरास कितीही छोटी जखम झाली तरी हजारो रक्तवाहिन्यांची तूटफूट होते. परिणामी अंतर्गत समुद्रातील पाणी वाहून जाण्यास सुरुवात होते.

प्रत्येक प्राण्यास त्याचा स्वतःचा समुद्र उपलब्ध करून देताना निसर्गास हे ही पहावे लागले की जर किनाऱ्याची नासधूस झाली तर तिकडे तातडीने लक्ष देणारी काही यंत्रणा उपलब्ध आहे की नाही. अगदी सुरुवातीस ही यंत्रणा तितकीशी विश्वसनीय नव्हती. अविकसित प्राण्यांमधील अंतर्गत साठ्याचा बराचसा भाग जरी रिकामा केला तरी त्याचा अपायकारक परिणाम का होत नाही याचे उत्तर वरील परिस्थितीत सापडते. मानवी शरिरातील ३० टक्के रक्त वाहून गेल्यास ते मृत्यूदायक ठरते. एक प्रकारच्या जपानी किडचातील (भंगेऱ्यातील) ५० टक्के रक्तरस कमीझाला तरी तो निभावून नेतो.

समुद्रातील जहाजास जर भोक पडले तर खलाशी मिळेल त्या साधनांनिशी ते बुजविण्याची पराकाष्ठा करतात. निसर्गाने रक्तात अशा ठिगळांचा किंवा बुचांचा भरपूर साठा केलेला असतो. चातीच्या आकारातील या खास पेशीना बिंबाणू म्हटले जाते. त्या आकाराने फारच छोट्या म्हणजे फक्त दोन ते चार मायक्रॉन रूंदीच्या असतात. अशा छोट्या ठिगळांमार्फत एखादा ओरखडाही बुजविणे अशक्यच, पण रक्तातील क्लथकारक (गुठळी बनवि-

णाऱ्या) वितंचकामुळे त्या एकमेकाना चिकटतात आणि जखम बुजविली जाते. यासच आपण रक्त गोठले किंवा आळले असे म्हणतो. रक्तवाहिन्यांभोवती उती असतात आणि जिथे जिथे अपाय होण्याची शक्यता असते तेथील उतींमध्ये, त्वचेमध्ये व इतरत्र ठिकाणी हे वितंचक मुबलक उपलब्ध असते. लहानशी जरी जखम झाली तरी हानी पोहोचलेल्या उतींमार्फत हे क्लथकारक वितंचक वेगळे होते आणि रक्ताचा त्याच्याशी संबंध येतो, त्यातील बिंबाणू एकमेकाना चिकटण्यास सुरुवात होते. अधिकाधिक रक्तपुरवठ्यामुळे हे ठिगळ जखम बुजविण्याएवढे मोठे होते. त्यासाठी बिंबाणूंची संख्या कमी पडत नाही. कारण दर मिलिलिटरमध्ये त्यांची संख्या दीड ते चार लाख भरते.

केवळ बिंबाणूंमुळे पुरेसे ठिगळ तयार होणे अशक्यच. क्लथनक्रिया तंती नामक एका खास प्रकारच्या प्रथिनामुळे घडून येते. रक्तात ते नेहमीच तंत्वीकारक संयुगाच्या स्वरूपात उपस्थित असते. तंतीचे धागे एक प्रकारची जाळी तयार करतात. त्यामध्ये बिंबाणू, रक्तकोशिका आणि श्वेतकोशिका यांच्या लहान लहान गुठळ्या अडकातात. असे हे पुरेसे ठिगळ तयार होण्यास काही मिनिटेच पुरेशी असतात. जर एखाद्याच रक्तवाहिनीस अपाय झाला असेल आणि ठिगळ उडवून लावण्याइतपत दाब तीमध्ये नसेल तर रक्ताची गळती त्वरित थांबते.

या तातडीच्या वेळी उपयोगी पडणाऱ्या यंत्रणेमार्फत खूपसा प्राणवायू खर्ची पडणे कधीच समर्थनीय ठरणार नाही. बिंबाणूंचे एकमेव कार्य म्हणजे संकटकाळी एकमेकाना चिकटणे हे असून ते निष्क्रिय स्वरूपाचे आहे. यासाठी त्याना फारसे कष्ट घ्यावे लागत नाहीत. जेव्हा सर्व काही व्यवस्थित असते तेव्हा बिंबाणूंमार्फत होणारा प्राणवायूचा वापर कमीतकमी हवा. यासाठीच निसर्गाने, रक्तकोशिकांप्रमाणे बिंबाणूसुद्धा प्रकलविरहित करून टाकले. यामुळे चयापचयाची पातळी कमी होऊन प्राणवायूचा वापरही घटला.

रक्तातील अशी सुव्यवस्थित व संकटकाळी उपयोगी पडणारी यंत्रणा अत्यावश्यक तर खरीच पण त्यामुळे जीवास गंभीर धोका पोहोचण्याचीही शक्यता असते. कोणत्या ना कोणत्या कारणामुळे, संकटकाळी कार्यप्रवण होणारी ही यंत्रणा भलत्याच वेळी जर चालू झाली तर दुर्दैवी अपघात घडून येईल. रक्ताच्या गुठळ्या बनतील आणि वाहिनीचे कार्य खुंटेल. यावर प्रतिउपाय म्हणून रक्तात आणखी एक आणीबाणीच्या वेळी उपयोगी ठरणारी

सेवा उपलब्ध असते व ती क्लथनरोधक स्वरूपाची असते. रक्तात क्लथकारक असे क्लथी नाहीत याची खात्री ही क्लथनरोधक सेवा करीत असते. कारण या क्लथींमुळेच तंत्वीकारकाचे तंतीत रूपांतर होऊन गुंतागुंतीच्या धाग्यांची निर्मिती होते. क्लथी रक्तात आढळताच क्लथरोधक लगेच त्या निष्क्रिय करून टाकतात.

ही दुसरी सेवा फार परिणामकारक आहे. बेडकाच्या रक्तात जर मोठ्या प्रमाणात क्लथी-संयूग भरले तर कोणतीच गंभीर परिस्थिती उद्भवणार नाही आणि ते संयूग लगेच निरूपद्रवी केले जाईल. पण त्या बेडकाच्या रक्ताचे पृथक्करण केले तर असे आढळून येईल की रक्ताची गोठण्याची प्रवृत्ती नष्ट झाली आहे.

पहिली सेवा – जखम झाली असता ठिगळ तयार होण्याची – स्वयंचलित असते तर, दुसरी सेवा मेंदूकडून येणारा संदेश पाळणारी असते. जर मेंदूकडून तसा संदेश आला नाही तर कार्यवाही होणार नाही. ज्या लंबमज्जेत बेडकाचे प्रमुख केंद्र असते ती लंबमज्जा प्रथम निष्क्रिय करून नंतर जर त्याच्या रक्तात क्लथी-संयूग भरले तर रक्ताची लगेच गुठळी बनेल. त्याच्या प्रतिकारार्थ दुसरी सेवा दक्ष असते खरी पण तिला आदेश देण्यास कोणीच नसते.

जलथापत्य

जी कामे अवयवांकडून अपेक्षित नाहीत ती त्यांच्यावर सोपविण्याचा निसर्गाचा नेहमीच प्रयत्न असतो. रक्ताभिसरणात गुंतलेल्या अवयवांचे काम जरी खास प्रकारचे आणि मोठे जबाबदारीचे असले तरी निसर्गाच्या वरील हट्टाविरुद्ध त्याना जाता येत नाही. या परिवहन पद्धतीत अंतर्भूत असलेला दाब इतर कारणांसाठी वापरला जावा अशी निसर्गाची तीव्र इच्छा असते.

अतिरिक्त रक्तदाब (वाजवीपेक्षा अधिक रक्तदाब) हा प्राणिमात्रास अतिशय धोकादायक असतो. कारण, त्यामुळे एकंदर रक्ताभिसरण बिघडून रक्तवाहिन्याना अपाय होऊ शकतो. निसर्गाने मात्र या गोष्टीचा फायदा करून घेतला आहे. मेक्सिकोत आढळणारा आणि शिंगधारी बेडूक म्हणून ओळखला जाणारा एक प्रकारचा सरडा आपल्या डोक्यावरच्या रक्तवाहिन्यातील अतिरिक्त रक्तदाब स्वतःच्या संरक्षणार्थ उपयोगात आणतो.

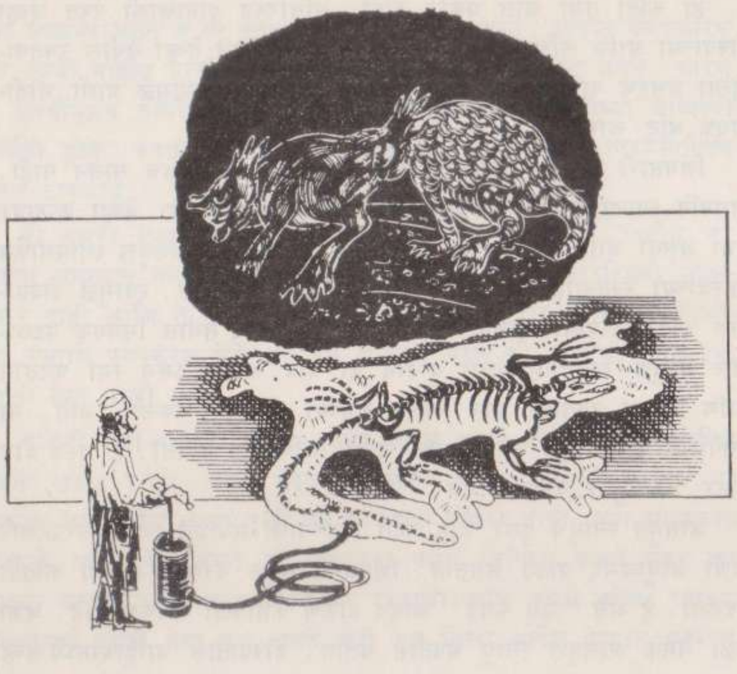
हा काही तसा खास प्रकार नाही. अतिरिक्त दाबाखाली रक्त जेव्हा डोक्याच्या आणि शरिराच्या टोकांकडील भागात शिरते तेव्हा तेथील रक्तवाहिन्या प्रसरण पावतात ताठ होतात, रंग बदलतात, त्यामुळे प्राणी भीतीदायक वाटू लागतो.

शिंगधारी बेडकाचे ऊर्फ सरड्याचे स्वरक्षणाचे हे एवढेच साधन नाही. निसर्गाने त्याला एक आश्चर्यजनक तंत्र दिलेले आहे. सरडा जेव्हा काठावर उभा असतो आणि एखादा शत्रू येतो तेव्हा शरिरातील आसंवृत्त स्नायंमार्फत महत्त्वाच्या रक्तवाहिनीवर दाब आणून ती बंद केली जाते. त्यामुळे डोक्यातील रक्तवाहिन्यांमध्ये उच्च रक्तदाब निर्माण होतो. तेथील निमेषक पटलातील नाजूक रक्तवाहिन्यांच्या दृष्टीने हा दाब असह्य ठरून त्या फुटतात आणि त्यातून रक्ताची धार नेमकी शत्रूच्या तोंडावर फेकली जाते. या अनपेक्षित फवाऱ्यामुळे शत्रू गोंधळून जातो आणि पळ काढतो. हे शस्त्र दीड मीटर त्रिज्येपुरते वापरता येते.

आसंवृत स्नायूचे दुसरे काम कात टाकण्याशी संबंधित आहे. सरपटणारे प्राणी आयुष्यभर वाढत असतात. शिंगधारी बेडूक दरवर्षी आपली कातडी बदलतो. हे असे "जुने कपडे" काढून टाकणे कधीकधी अवघड जाते. अशा वेळी नेमके आसंवृत्त स्नायू मदतीस येतात. डोक्यातील वाहिन्यांमध्ये जेव्हा दाब वाढतो तेव्हा लहान-मोठ्या रक्तवाहिन्या फुगविल्या जातात, ताणल्या जातात आणि डोके फुगून त्यावरील जुनी कातडी फाटते. तसे झाले की या फाटलेल्या भागातून प्राणी सरपटत अलगद बाहेर पडतो, जणू काही तो अंगातील कपडे काढत असतो.

रक्ताभिसरणाचे अवयव दुय्यम कामासाठी वापरणे वास्तविक योग्य नाही. तरीसुद्धा दाबयंत्र आणि दळणवळण पद्धतीचा शोध लावल्यानंतर निसर्गाने जलस्थापत्यात गंभीर स्वारस्य दाखविले. प्रथम असा अंदाज करण्यात आला की आंलेंरकोशीय जागांमध्ये द्रवपदार्थ घुसविल्यास उतींच्या स्फीततेस (फुगण्यात, ताठ होण्यास, ताणले जाण्यास) मोठीच मदत होते. म्हणजेच उतींमध्ये काही प्रमाणात (यांत्रिक) ताकद येते. जलस्थित सांगाडा उभारण्याच्या दिशेने उचलण्यात आलेले हे पहिले पाऊल.

काहीसे आश्चर्य वाटेल की केवळ विसाव्या शतकातच माणसाने अशा उभारणी तंत्र वापरण्यास सुरुवात केली आणि तीही अद्यापी मर्यादित स्वरूपात आहे. कल्पना करा की झाडाझुडपानी आणि गवताने व्यापलेली



जागा बुलडोझर आणि इतर यांत्रिक उपकरणानी साफ करण्यास सुरुवात झाली आहे. काही तासातच ती सपाट आणि स्वच्छ होऊन तिथे कापडी गठ्ठे उतरविले जात आहेत. पंपाने हवा भरण्याची यंत्रणा सुरू झाली आहे आणि या कापडी गठ्ठ्यात हवा भरून तासाभरात त्यांचे रूपांतर दोनमजली कॅनव्हासच्या घरात झाले आहे. त्यामध्ये फुगविलेल्या तुळया आणि इतर आधार-साहित्यही हवेनेच भरलेले आढळेल. सोयीस्कर आणि स्वस्त असे हे घर कमालीचे खात्रीदायक असते. शिवाय, जर या कॅनव्हासला आतून रबराचा दोन किंवा तीन पदरी थर दिला तर घर फुगविल्यांनंतर ते पुरेसे उबदारही राहील.

अशा दाबयुक्त सांगाड्याचा प्राणिमात्रांमध्ये उत्कृष्ट वापर केलेला आढळतो. शिवाय, आवश्यक काळापुरताच तो निर्माण करता येतो. गरज संपली म्हणजे सांगाड्यातील दाब काढून घेतला म्हणजे झाले, मागे काहीच शिल्लक रहात नाही. हे खरेच की दाबयुक्त सांगाडा हाडांएवढा विश्वसनीय नाही आणि जेथे कायम स्वरूपी आधार हवा असतो तेथे त्याची जागा अधिक

दृढस्वरूपी साहित्याने घेतलेली असते. तात्पुरत्या उभारणीसाठी मात्र जल-स्थापत्य निश्चितच फायदेशीर ठरते. निसर्गाने प्राणिमात्रांच्या उत्क्रांती-काळात त्याचा नेहमीच वापर केलेला असून अगदी सामान्य जीवापासून ते मानवासह अगदी प्रगत प्राणिमात्रात ही गोष्ट आढळून येते. मोठ्या आणि पोकळ स्वरूपाच्या शरिरात रक्ताचा कार्यकारी द्रव म्हणून झालेला उपयोग हे त्याचे एक उत्तम उदाहरण होय.

जलगतिकी (प्रवाही पाणी) यंत्रणा ही अधिक चित्तवेधक असून तिची व्याप्ती अगदी सामान्य वापरापासून ते अगदी जटिल व सुविकसित उपकरणांपर्यंत आढळते. त्यापैकी अगदीच सामान्य म्हणजे द्विपुटी वक्रनलिका होय. हे प्राणी अन्न, प्राणवायू, सूक्ष्मजीव आणि वनस्पतींचे कण सभोवतालच्या पाण्यातून मिळवितात. त्यासाठी पाणी आपल्या प्रावार गुहिकेत खेचून घेतात. हे पाणी पुढे कर्बवायू आणि निरुपयोगी पदार्थांनी दूषित होते व एका खास वक्रनलिकेमधून बाहेर टाकले जाते. निरुपयोगी पदार्थ दूरवर टाकले जावेत म्हणजे ते परत प्रावार-गुहिकेत येणार नाहीत अशी त्या मृदूकाय प्राण्यांची अर्थातच इच्छा असते. त्यांची वक्रनलिका एवढी लांब का ते यावरून लक्षात येईल. तीमध्ये खास प्रकारचे स्नायूही नसतात आणि ती लांबही होऊ शकत नाही.

कोळ्यांच्या पायात आढळणारी जलगतिकी यंत्रणा चलनवलनाशी संबंधित असते. या अष्टपाद प्राण्यांच्या पायाचे सहा किंवा सात भाग (खंड) असून इतर प्राण्यांप्रमाणेच विशिष्ट स्नायूंच्या सहाय्याने त्यांची हालचाल होते. पाय जेव्हा लांबवावयाचे असतात तेव्हा कायटिन वेष्टित अशा या पायांमध्ये दाब वाढवूनच ते साधले जाते.

जलगतिकी यंत्रणा बीळ करण्यासाठीही फार उपयोगी पडते. जेव्हा दमट मातीत बीळ तयार करावयाचे असते तेव्हा गांडूळ आपल्या पुढच्या टोकातील गोलाकार स्नायू जास्तीत जास्त आकुंचित करतो. त्यायोगे त्याचे डोके एक प्रकारची टोकदार आरीच (चांभाराची असते त्याप्रमाणे) बनते. जर माती कोरडी असेल तर हा कृमी ती प्रथम ओलसर करतो. त्यानंतर मृद्कणात कोठे भेग किंवा फट दिसते का ते पाहतो. तशी फट सापडली नाही तर गांडूळ ग्रसिकेमार्फत मातीस ठोके देतो व आपले पुढचे टोक घुसवितो. हे आतून धक्के देण्याचे काम जलगतिकी यंत्रणेवरच चालते. पाण्याचा स्तंभ दोन ते चौदा मिलिमिटर उंचीचा होण्याइतपत दाबामुळे

साडे आठ ग्रॅमचा धक्का शक्य होतो. थोडासा शिरकाव होण्याइतपत खोली झाली रे झाली की पुढच्या टोकाकडील दाब वाढवून आणि ते फुगवून बीळ मोठें केले जाते. जर माती फारशी टणक नसेल तर गांडूळ ही क्रिया अनेकदा करून अगदी पाहता पाहता बिळात अदृष्य होतो. अधिक ताकदवान असे सायपनक्यूलाईड (Sipunculide) नामक कृमी बीळ खोदताना ६०० मिलिमिटर जलस्तंभाचा दाब निर्माण करतात.

जलगतिकी यंत्रणेचे अगदी परिपूर्ण स्वरूप, एचिनोडेर्माटा Echinodermata) ऊर्फ कंटक चर्मी वर्गातील प्राण्यांच्या चलनवलनादी कामामध्ये आढळते. या वर्गातील तारा-मासा, सागरी करंडा, ब्रिटल स्टार आणि सागरी काकडीचे विविध प्रकार उत्तम प्रकारे विकसित झालेले आहेत. तारा-माशांच्या "हाता" मध्ये पाण्याने भरलेल्या व सर्व दिशाना जाणाऱ्या खाचा असतात. या खाचांमधून वाढलेल्या शाखा, हाताखाली असणाऱ्या अनेक नलिका-पादात शिरलेल्या असतात. जेव्हा तारा-मासा हालचाल करतो तेव्हा पाणी नलिका-पादात घुसून त्या फुगतात आणि मासा जात असलेल्या दिशेनें ताणल्या जातात. हातातील चूषक-यंत्रणेद्वारे (हात टेकवून हाताखालची हवा शोषण्याची यंत्रणा) नलिका-पादाना जेव्हा आधार मिळतो तेव्हा स्नायू संकोच पावतात आणि द्रवपदार्थ खाचांमधून बाहेर फेकला जातो. त्यामुळे मासा थोडा पुढे सरकण्यास मदत होते. त्यानंतर ज्या जमिनीवरून मासा सरकत असतो त्यापासून नलिका-पाद दूर होतात, त्यात पुन्हा पाणी भरले जाते व हे आवर्तन पुन्हा नव्याने सुरू होते. यावरून असे दिसते की निरनिराळ्या प्राण्यांतील महत्त्वाची कार्ये करण्यासाठी निसर्गाने हृदयासारख्या केवळ एकाच प्रकारच्या पंपाची योजना केलेली नाही.

थोडेसे सरपण कुठे मिळेल?

सूर्यमालेतील इतर ग्रहांप्रमाणे पृथ्वीचे हवामानही अत्यंत भिन्न भिन्न स्वरूपाचे आहे. अंटार्क्टिकात अशी काही ठिकाणे आढळतात की जेथे तपमान शून्य अंशाखाली ८८ सें. ग्रे. पर्यंत उतरलेले आहे, तर अफ्रिकेत प्रसंगी ते ५५ अंशांपर्यंत गेलेले दिसते. या निश्चितपणे अत्यंतिक मर्यादा असून ग्रहावरील मोजक्याच प्रदेशात तसे हवामान असते. आपल्या पृथ्वीवरचे हवामान प्रामुख्याने थोडेफार सौम्यतरच आहे. सजीव प्राण्यातील जीवदायी घडामोडी शून्य ते चाळीस अंशांच्या दरम्यान घडून येण्यास पृथ्वीचे एकंदरीत सौम्यतर हवामानच कारणीभूत असते असे म्हणता येईल. ही मर्यादा तशी विस्तृत खरी पण तीसुद्धा कित्येक प्राण्याना आणि वनस्पतीना फारच सकुंचित किंवा तोकडी वाटते.

उदाहरणार्थ, शैवालांच्या (शेवाळ्यांच्या) काही जाती, ७० ते ९० अंश सें. ग्रे. तपमानाच्या गरम पाण्याच्या झऱ्यातही जगतात, वाढतात आणि अगदी सुखात असतात. कायमपणे बर्फाने आच्छादिलेल्या ध्रुवप्रदेशातही जीवसृष्टी आढळते. सुमारे दोनशे वर्षापूर्वी तिकडे निघालेल्या एका मोहिमेचे, स्विडिश-निसर्गवेत्ते होरॅस बेनेडिक्ट सोस्युर हे प्रमुख होते. या मोहिमेत त्याना बर्फमय प्रदेशात प्रथमच जीवसृष्टी आढळली. सोस्युर व इतर शास्त्रज्ञाना आणखी एक चमत्कार पहावयास मिळाला. त्याना ठिकठिकाणी रक्ताप्रमाणे तांबड्या रंगाचा बर्फ पसरलेला आढळला ते दृष्य खरोखरीच चकित करणारे होते.

पुढे लौकरच ध्यानात आले की बर्फाचा हा असाधारण रंग पृष्ठभाग आच्छादणाऱ्या सूक्ष्म व एकपेशी शैवलांमुळे निर्माण झाला आहे. या शैवलाना "स्नो क्लॅमिडोमोन" (Snow Chlamydomonas) असे नाव दिले गेले. आर्टिक्ट व अंटार्क्टिकाच्या विविध भागात तर हे शैवाल आहेतच पण कॉकेशससारख्या हिमकणानी सतत आच्छादिलेल्या अनेक पर्वत शिखरांवरही ते आढळतात.

बर्फ आणि हिमकणात कायम राहणाऱ्या शैवालांच्या १४० पेक्षा जास्त जाती शास्त्रज्ञाना माहित झाल्या आहेत. त्यांपैकी काही जांभळया, तपकिरी, लाल किंवा हिरव्या रंगाच्या असून तोच रंग बर्फास मिळतो.

योग्य वाढीसाठी या स्नो क्लॅमिडोमोनासना भरपूर सूर्यप्रकाश आणि पुरेसे कमी तपमान लागते. ध्रुवप्रदेशात आणि उंच पर्वतावरच त्या मोठ्या प्रमाणात का आढळतात याचे कारण आता लक्षात येईल. अशा या थंड हवामानास होणारा त्यांचा अतुलनीय प्रतिकार शास्त्रज्ञाना देखील प्रथम आश्चर्यकारक वाटला पण आज कोणालाही ह्या गोष्टीचे नवल वाटत नाही. पण खरे आश्चर्य हे की त्याना 'उष्ण' हवामानाची फारच भीती असते. हे उष्ण हवामान केवढे तर ४ अंश सें. ग्रे. तपमानाचे! इतक्या उष्ण हवामानात ही शैवले जगत नाहीत. या पृथ्वीवर वसती करणाऱ्या सर्व

जीवप्रकारात, क्लॅमिडोमोनास शैवलानी उष्णतेची सर्वात जास्त धास्ती घेतलेली दिसते.

असे दिसून येते की एकाच जातीतील प्राणी भिन्न हवामानाच्या सर्व विभागात आढळतात, मग तो ध्रुवप्रदेशाएवढा थंडगार असो किंवा विषुववृत्तासारखा कडक उष्णतेचा असो. अशा सर्वदेशीय जातींपैकी काही प्रकार, उष्णता आणि थंडी यांच्या प्रतिकाराबाबत अगदी भिन्न असल्याचे दिसते. ग्रीनलँडनजिकच्या आर्क्टिक्ट समुद्रात राहणाऱ्या टेरेबेलिड (Terebellid) या कृमीना ६ ते ७ अंश सें. ग्रे. तपमानाचे "उष्ण" पाणी बिलकूल सहन होत नाही, पण हिंदी महासागरात राहणारे त्यांचे नातेवाईक मात्र २४ अंश सें. ग्रे. इतक्या गरम पाण्यात सहज जगू शकतात.

अरेबियन द्वीपकल्पातील खूप गरम आणि काहीशा खारट तळ्यांतील कवचधारी प्राणी हे सर्वांपेक्षा अधिक उष्णताप्रेमी समजले जातात. उष्णतामान ३५ अंशाएवढे जरी उच्च असले तरी ते गारठून जातात आणि तपमान याही पेक्षा कमी झाले तर "थंडीमुळे" मृत्युमुखी पडतात.

तथापि, बहुसंख्य प्राण्याना एवढी थंडी जाणवत नाही. बिजुक ऊर्फ स्पोअर (Spore) आणि रोटिफर (Rotifer) व टार्डिग्रेड (Tardigrade) सारखे आदिम प्राणी केवळ तपमानाच्या, म्हणजे – २७३ अंश सें. ग्रे. तपमानाच्या आसपास जगू शकतात. उत्तम प्रकारे विकसित झालेले कीटक, त्यांची अंडी आणि आळ्या पुष्कळशा गारठ्यास तोंड देऊ शकतात. त्यांच्यापैकी काहीजण उत्तरेकडील देशात उघड्या जागेवर हिवाळा व्यतित करतात आणि – ३० ते – ५० अंशाचे थंड हवामान सोसू शकतात. प्रयोगशाळेतील प्रयोगांमध्ये तर – ८० ते – १५० अंश सें. ग्रे. तपमानातही ते जिवंत रहात असल्याचे निष्पन्न झाले आहे.

अनेक प्राणी अशा प्रकारे उष्णता आणि थंडी या दोहोसही उत्कृष्टरीत्या तोंड देऊ शकतात. तर मग ते केवळ मर्यादित तपमानातच क्रियाशील का आणि आपल्या जीवदायी प्रक्रिया अशा मर्यादेतच का करू शकतात?

कोणत्याही पदार्थातील अणूंची हालचाल तपमानामुळे कमीजास्त होते. ज्या पदार्थांनी आपले शरीर तयार झालेले आहे तेसुद्धा यास अपवाद नाहीत. जसजसे तपमान उतरते तसतशी अणूंची गती मंद होत जाते आणि त्याचबरोबर रासायनिक क्रियांचा वेगही. तो अति मंद झाला की जीवास जीवदायी कार्य चालू ठेवणे अशक्य होते. तपमान शून्य अंश सें. ग्रे. खाली

गेले की शरिरातील द्रवपदार्थ गोठू लागतात, आणि प्रमुख रासायनिक प्रक्रिया तर पाण्यातील विरघळलेल्या द्रावातच घडून येणाऱ्या असतात.

सस्तन प्राण्यांच्या शरिराचे अत्यधिक तपमान, प्रथिने आणि मेदद्रव्ये यांच्या स्थैर्यावर अवलंबून असते. ४० अंश सें. ग्रे. पेक्षा अधिक उष्णता दिल्यास पेशी मरण पावतात. यासाठीच सर्व प्राणी तपमानाच्या अत्यंत अनुकूल अशा मर्यादेत राहण्याचा प्रयत्न करतात आणि हे तपमान ते अनेक मार्गांनी साध्य करतात.

या पृथ्वीवर अनियततापि अथवा "थंड" रक्ताचे प्राणी अस्तित्वात असून त्यांच्या शरिराचे तपमान सभोवतालच्या परिसरावर अवलंबून असते. जेव्हा परिसर थंड असतो तेव्हा शरीर उबदार ठेवण्यासाठी अत्यंत प्रगत तंत्राचा ते आधार घेतात.

विकसित अशा नियततापि किंवा "उष्ण" रक्ताच्या प्राणिमात्रांचे तपमान, सभोवतालच्या परिसराचे तपमान जरी बदलते असले तरीही स्थिर असते. हे प्राणी या ना त्या प्रकारे उष्णता निर्माण करून तपमान, स्थिर ठेवतात.

चयापचय क्रियेत भाग घेणाऱ्या कोणत्याही पेशीस ही गोष्ट सहज शक्य असते. अशी पेशी सभोवतालच्या परिसरापेक्षा नेहमीच अधिक उष्ण असते मग ती केवळ एक-हजारांश अंशाने जास्त का असेना. म्हणूनच, अनियततापि ("थंड" रक्ताच्या) प्राणीमात्रांच्या शरिराचे तपमान सभोवतालच्या वातावरणाएवढेच असते असे जे विधान पाठ्य-पुस्तकात वेळोवेळी आढळते त्यामुळे गैरसमज होण्याचा संभव असतो. छोटे प्राणी साहजिकच अल्पशी उष्णता निर्माण करतात आणि जलद गतीने ती सभोवताली प्रसरण पावते. अशा परिस्थितीत, प्राण्याच्या शरिराचे तपमान सभोवतालच्या परिसरापेक्षा जास्त आहे की कमी आहे हे ठरविणे अवघड आहे. मोठ्या प्राण्यांच्या बाबतीत वेगळा प्रकार असून ते जास्त उष्णता निर्माण करतात आणि अधिक काळ टिकवितातही. पर्वतातून वाहणाऱ्या नदीतील ट्राउट (Trout) नामक प्राण्याचे तपमान, पाण्यापेक्षा फक्त ०.०१२ अंशाने जास्त तर टनी किंवा मार्लिन (Marlin) या मोठ्या माशांचे तपमान पाण्यापेक्षा निदान सहा अंशाने तरी अधिक असते.

शरीर उबदार ठेवण्याचा अनियततापि प्राण्यांसाठी सोपा मार्ग म्हणजे सूक्ष्मजलवायुमान असणारी जागा शोधणे. थंडीच्या वेळी त्यापैकी काही

बिळात जातात, काही नद्या किंवा तळ्यातील खोल जागी आश्रय घेतात तर काही स्वतःच सूक्ष्मजलवायुमान निर्माण करतात. वनस्पतीसुद्धा तसे करू शकतात. उघडचा मैदानाच्या तुलनेने जंगल अधिक उबदार असते ही वस्तुस्थिती आहे.

वर उल्लेखिलेले हिम-शैवाल मात्र अत्यंत कमी तपमानात चयापचयाची उच्च पातळी कशी काय गाठतात आणि मोठ्या वेगाने वाढतात तरी कशा? त्यासाठी लागणारी ऊर्जा कोठून मिळवितात? हे दीर्घकाळ गूढ होते.

अलिकडच्या काही वर्षातच असे उघड झाले आहे की हे हिम-शैवाल स्वतःसाठी अनुकूल परिसर उपलब्ध करून घेतात. बर्फासमवेत ते एकाकी व विखुरलेले नसून ते सूक्ष्म वसाहती निर्माण करतात. उबदार सूर्यप्रकाशात या शैवलांचे पुंजके तापतात. त्यामुळे आजूबाजूचा हिमस्तर वितळून प्रत्येक वसाहतीस एक लहानसा खड्डा उपलब्ध होतो. त्यातील पाण्याचा वरचा थर पुष्कळदा गोठतो आणि त्याखाली शैवल झाकले जाते. सुमारे शून्य अंश अंतर्गत तपमान असणारा हा "द्रोण" एक प्रकारचे हरितगृह बनते आणि शैवलास प्रकाश आणि उष्णतेचा भरपूर पुरवठा होत राहतो. मग त्यांची वाढ वेगाने न झाल्यासच नवल.

तथापि, शून्य अंश सें. ग्रे. तपमान उपलब्ध होणे एवढी एकच गरज या शैवलांची नसते. शास्त्रज्ञाना असे वाटते की या क्लॅमिडोमोनास शैवलांजवळ अर्धसंवाहकासदृश एखादे उपकरण असावे किंवा तसा गुणधर्म त्यांच्यात आला असावा. विद्युतप्रवाह निर्माण करण्यासाठी अर्धसंवाहकाची एक बाजू तापविली जाते आणि दुसरी बाजू थंड राखली जाते. या दोन तपमानातील फरक जसा वाढतो तसा वाढत्या प्रमाणात विद्युतप्रवाह निर्माण होतो.

या हिम-शैवालांची एक बाजू सूर्यप्रकाशामुळे तापविली जाते तर दुसरी (खालची) बाजू मोठ्या प्रमाणात उष्णता गमाविते, म्हणजेच ती थंड राहते. शैवलांचे कार्य चालू राहण्यासाठी त्याना जी ऊर्जा लागते ती मिळण्यामागे अशा तऱ्हेची काही यंत्रणा असावी. बर्फसन्निध सूक्ष्मजीवनाचे विपुल साठे कधीच वाया जात नाहीत. जेथे अन्न उपलब्ध असेल तेथे त्याची गरज भासणारे असणारच, मग तो अंटार्क्टिकसारखा प्रदेश का असेना. शेकडो किलोमीटर जाडीच्या बर्फाने आच्छादिलेला हा निर्मनुष्य प्रदेश असून तेथे सर्वकाळ थंड बोचरे वारे आणि हिमवादळे थैमान घालीत असतात. वर्षातील दहा ते अकरा महिने असे वातावरण असून फारच थोडा काळ सौम्यशी

थंडी व धुके आढळते. असा सर्वसाधारण समज आहे की या खंडावर राहणारे सील, पेंग्विन आणि पक्षांच्या बऱ्याचशा जाती केवळ समुद्रकिनारी रहात असून बाकीचा अंतर्गत प्रदेश अगदी मृतवत् असावा. पण सत्य परिस्थिती वेगळीच आहे. अंटार्टिक्टच्या दीर्घकालीन अभ्यासातून शास्त्रज्ञाना असे आढळले की अगदी कायमस्वरूपी बर्फप्रदेशातसुद्धा कीटकांच्या आणि इतर प्राण्यांच्या पन्नास एक जाती जीवन व्यतित करतात. उघडच आहे की अशा या अत्यंत कठीण स्वरूपाच्या खंडातही जीवनाने अगदी खोलवर प्रवेश केला आहे.

किनाऱ्यापासून अत्यंत दूरवरच्या प्रदेशात आढळणारा एक प्राणी म्हणजे लहान आकाराचा कोळी असून ब्रिटिश मोहिमेत दक्षिण ध्रुवापासून केवळ ५०० कि. मी. अंतरावर हे कीटक आढळले. शैवाल आणि कवकांच्या (बुरशीच्या) "बगिच्यात" हे छोटे कोळी राहतात. शैवले जेथे दाटीदाटीने वाढलेली असतात तेथे अन्नही मुबलक असते आणि ऊबही. नेमक्या याच ठिकाणी त्यांची वसती असते. शिवाय हा कोळी कृष्णवर्णी असल्यामुळे सूर्यापासून मिळणारी उष्णताही शोषून घेतो. ध्रुवप्रदेशातील उन्हाळ्याचा छोटासा कालावधी संपताच हा कोळी शीतनिष्क्रियतेच्या अवस्थेत (दीर्घकालीन झोपण्याच्या अवस्थेत) जातो.

इतर प्राणीसुद्धा सूर्यापासून ऊर्जा मिळवितात. ध्रुवप्रदेशात आणि उंच पर्वतावर राहणारे प्राणी रंगाने काळे असतात. यामुळे ते अधिक उत्तम प्रकारे सूर्यकिरण शोषतात. स्वच्छ सूर्यप्रकाशाचे आल्हाददायक वातावरण जेव्हा पसरते त्यावेळी सभोवतालच्या परिसरापेक्षा या प्राण्यांचे तपमान जास्त का असते हे आता आपणाला कळून येईल.

जी काही उष्णता मिळते तिचे नियमन करण्यास शिकलेले प्राणीही आढळतात. हे फार महत्त्वाचे आहे. कारण, तसे करता आले नसते तर शरीर वाजवीपेक्षा जास्त गरम होण्याचा धोका वाढला असता. कित्येक उभयचर आणि सरपटणाऱ्या प्राण्यांच्या कातडीत विशेष प्रकारच्या रंग-पेशी असून त्या आपला आकार बदलू शकतात. या रंग-पेशी जेव्हा लहान आकार धारण करतात तेव्हा कातडी उजळ बनते आणि सूर्यकिरणे परावर्तित केली जाऊ शकतात. रंग-पेशी प्रसरण पावताच कातडी गडद रंगाची होऊन सूर्यकिरणे अधिक चांगल्या प्रकारे शोषून घेतली जातात आणि प्राण्याचे शरीर गरम होते पण एका विशिष्ठ मर्यादेपर्यंतच. जे जादा गरम होऊ

लागले की रंगपेशी लगेच आकसण्यास सुरुवात होते आणि ते अधिक ताप-ण्याचे टळते.

पर्ल-बटरफ्लाय नामक फुलपाखराने यासाठी वेगळीच पद्धत अवलंबिली आहे. त्याच्या शरिराचे तपमान ३२.५ ते ३५.५ अंश सें. ग्रे. च्या दरम्यान असते. उष्णता शोषूण घेण्यासाठी ते आपल्या पंखांचा वापर करते. पंख जेव्हा पूर्णपणे उघडलेले आणि सूर्यकिरणाना लंबरूप असतात तेव्हा अधिक उष्णता शोषिली जाते. जेव्हा शरिराचे तपमान ३५ अंशापर्यंत चढते त्यावेळी आपले पंख हे फुलपाखरू एवढे मिटते (किंवा त्यातील कोन असा साधते) की उष्णता कमीतकमी अथवा अजिबात आत घेतली जात नाही.

उधई किंवा वाळवी आपली घरे बांधताना याच तत्त्वाचा उपयोग करतात जमिनीत राहणारे हे प्राणी अशी सहज दिसण्याजोगी घरे का बांधतात, तर ती जमिनीत पुरेशी गरम होणे अशक्य असते, म्हणून अतिशय उष्ण देशात खूप उंच आणि पसरट वाळवी गृहे बांधली जातात व त्यांची निमूळती कड दक्षिण बाजूस असते. मध्यान्ही उन्हे जेव्हा कडक असतात तेव्हा सूर्यकिरण त्यांच्या घरांवरून जातात आणि घर अति उष्ण होण्याचे टळते. मात्र इतर वेळी अगदी सूर्योदयापासून सूर्यास्तापर्यंत सूर्यकिरणे बाजूच्या भिंतीवर पडत राहतात आणि घर तापते.

नियततापि ऊर्फ "उष्ण" रक्ताचे प्राणी सूर्याच्या उष्णतेशिवाय आपल्या शरिरात योग्य ते तपमान कायम राखू शकतात. जेव्हा थंडी असते तेव्हा ते भरपूर उष्णता निर्माण करतात आणि जेव्हा परिसर उष्ण असेल तेव्हा शरिरातील जादा उष्णता बाहेर टाकतात. सर्वसाधारणपणे असे म्हणता येईल की आपल्या ग्रहावरील प्राणी, उच्च तपमानापेक्षा कमी तपमानास उत्तम प्रकारे रूळलेले आहेत.

अनेक प्राणी बर्फमय धुक्यात आपल्या शारिराचे तपमान कायम राख-तात. अशावेळी सभोवतालचे तपमान आणि शरिरातील तपमान यामध्ये ८० अंशांचा फरक आढळतो. आर्टिक्टमधील प्राणिमात्रात याची कितीतरी उदाहरणे आढळतात. उदाहरणार्थ, विलो ग्राउस (Willow grouse) या प्राण्याच्या शरिराचे तपमान ४३ अंश सें. ग्रे. असून सभोवतालचे तपमान जरी –४० अंश सें. ग्रे. असले तरी हा प्राणी शरिरातील तपमान स्थिर राखू शकतो.

या उष्णरक्ती प्राण्यानी आपल्या शरिरातील तपमान पुष्कळसे स्थिर

ठेवण्यासाठी आणि गारठून जाण्याचा धोका टाळण्यासाठी विविध प्रकारच्या तंत्राचा विकास केल्याचे आढळून येते. जेव्हा हवेचे तपमान उतरते तेव्हा उष्णतारोधक तंत्राच्या कामास सुरुवात होते. त्वचेतील वाहिन्या सर्वप्रथम आकसतात, त्वचा थंड बनते आणि तीमधून उष्णता बाहेर पडण्याचे प्रमाण घटते. अंगावरील केसांचे (लोकरीचे) आवरण तसेच पिसे उभारली जातात, त्यामध्ये जादा हवा सामाविली जाते. हलचालविरहित हवेचा उष्णतारोधक गुणधर्माच्या बाबतीत दुसरा क्रमांक लागतो, पहिला क्रमांक अर्थातच निर्वात अवस्थेचा.

या मार्गानी जर अपेक्षित परिणाम साधला नाही तर प्राण्याचे शरीर थंड होत जाते आणि तो कुडकुडू लागतो. कुडकुडणे अगदीच निरूपयोगी आहे अशी साऱ्यांची गैरसमजूत आहे. स्नायूंचे आकुंचन पावणे म्हणजे त्याब-रोबर उष्णताही मोकळी करणे. म्हणजेच उष्णता निर्माण करण्यास कुडकुड-ण्याची मदतच होते.

फक्त नियततापि ("उष्ण" रक्ताचे) प्राणी कुडकुडू शकतात पण इतर प्राणी उष्णता-निर्मितीसाठी स्नायंच्या हलचालींचा मार्ग अनुसरतात. सरपटणारे प्राणी – काही अपवाद वगळता – आपल्या पिलांबाबत बेफिकिर असतात. पण शास्त्रज्ञांना खूप पूर्वीपासून कल्पना आहे की काही जातीच्या अजगरातील मादी, अंडी घातल्यावर निघून न जाता त्याभोवती वेटोळे घालून बसून राहते. अंड्यांवर आणि त्यातून निपजणाऱ्या पिलावर तिचा जागता पाहरा असतो.

एवढा जबरदस्त रक्षक हजर असताना हल्ला करण्याचे धाडस कोण करणार? तथापि, अजगराची मादी जरी अंड्यांचे रक्षण करीत असली तरी तिचा प्रमुख उद्देश ती उबदार ठेवण्याचाच असतो. हे काहीसे चमत्का-रिक वाटेल. कारण, साप हे थंड रक्ताचे प्राणी असल्याचे सर्वाना ठाऊकच आहे. तरीसुद्धा या प्राण्यानी हालचाल केली तर तेसुद्धा काही प्रमाणात उबदार होऊ शकतात. हवेचे तपमान भरपूर असते तेव्हा अजगर स्वस्थ पडून राहतात. पण हवेत थंडपणा आला रे आला की त्यांचे ढिले पडलेले स्नायू ताणले जातात, फुगतात आणि शरीर आलटून पालटून फुगण्या-आकस-ण्यास सुरुवात होते. आपली प्रचंड ताकद वापरून अजगर ही हलचाल वेगाने करतो. यामुळे त्याचे स्वतःचे शरीर तर गरम होतेच पण अंडीही उबविली जातात.

हीच पद्धत कीटक वापरतात. शरीर गरम केल्यावरच ते उडू शकतात. पीकॉक् बटरफ्लाय नामक पतंग यासाठी पंखांची उघडझाप करतो आणि १० अंश सें. ग्रे. तपमान असणाऱ्या थंड हवामानात देखिल शरिरातील तपमान ३५ किंवा ३७ अंशापर्यंत राखू शकतो.

स्नायूंच्या या जोरदार हलचालींमुळे मोठ्या प्रमाणात उष्णता मोकळी होते खरी पण उष्ण-रक्ती प्राण्याना निव्वळ अशा प्रकारच्या हलचालीवरच विसंबून राहून चालत नाही. त्यांची चयापचय क्रिया अधिक तीव्रतेने चालते व त्यामधून रासायनिक उष्णता मोठ्या प्रमाणात मोकळी होते.

थंड-रक्ताचे प्राणीसुद्धा आपली चयापचय क्रिया तीव्रतर करू शकतात आणि त्यासाठी ते फारच सोपा मार्ग अनुसरतात. जास्त उष्णता निर्माण करण्यासाठी ते अधिक खाऊ लागतात. या बाबतीत मधमाशांचे उदाहरण खास उल्लेखनीय आहे. कीटकांप्रमाणेच एक मधमाशी आपल्या शरिरांतर्गं योग्य ते तपमान राखण्यास असमर्थ असते पण एकत्रित स्वरूपात, समूहरूपात असणारे कुटुंब उष्ण-रक्ती ठरते. इतर कीटकांप्रमाणे मधमाशा हिम-निद्रा घेण्यास असमर्थ असतात. अतिशय थंड हवामानात तपमान जेव्हा –३० अंशापर्यंत उतरते तेव्हा आपल्या घरांतर्गत अगदी ३५ अंश एवढे उच्च तपमान राखण्यात मधमाशा सामुदायीकपणे गुंतलेल्या असतात.

हिवाळा सुरू झाला की हा समूह तयार होतो. पोळ्यातील राणीमाशी-भोवती मधमाशा गोळा होतात आणि अगदी दाटीने गोलाकार आवरण तयार करतात. राणीमाशीच्या अगदी नजिकच्या मधमाशा उच्च उष्मांकाचा मध अधिक प्रमाणात खातात आणि त्यायोगे निर्माण होणारी उष्णता मधमाशां-च्या बाह्य थरास मिळते. हा बाह्य थर उत्तम प्रकारे उष्णता-रोधक असल्या-मुळे आणि मधमाशा त्या ठिकाणी फार दाटीदाटीने असल्यामुळे मध्यभागी थंडीचा शिरकाव होऊ देत नाहीत. त्याना थंडी असह्य झाली की इतर मधमाशाना ढकलून त्या आतील भागात शिरतात आणि आतल्याना बाहेर पडावे लागते. थरांची ही अदलाबदल हिवाळाभर चालू असते आणि किलो-ग्रॅममागून किलोग्रॅम मध फस्त करीत हिवाळा घालविला जातो.

मधमाशाच्या आळया अष्णता-निर्मितीच्या बाबतीत उत्कृष्ठ ठरतात. ही गोष्ट आश्चर्य वाटण्याजोगी नाही कारण, मधमाशांतील दाया या नवजात आळयाना दिवसातून १३०० वेळा अन्न भरवितात! थंड हवामानात प्रत्येक पोकळीत एक अळी असते व ती स्वतः उब निर्माण करण्यास असमर्थ असते.

अशावेळी मधमाशा तिच्याभोवती कोंडाळे तयार करून ऊब पुरवितात. पोळयातील तपमान ३५ अंश राखणे जरूर असते.

स्थिर तपमान पोळयाच्या मध्यभागीच राखले जाते. या ठिकाणीच नवजात आळयांची वाढ होत राहते. पोळयाच्या बाहेरच्या थराचे तपमान त्या मानाने पुष्कळच कमी आढळते. हाच प्रकार उष्ण-रक्ती प्राण्यांमध्ये ही दिसतो. त्यांच्या शरिरातील अंतर्भागाचे तपमान स्थिर राहते व त्वचा, विशेषतः बाह्य अवयवांचे तपमान बरेचसे कमी असते. देवमासे व सील यांच्या पंखांचे, पर्वतात राहणाऱ्या बकऱ्यांच्या व सांबरांच्या पायांचे तपमान १० अंशापेक्षाही कमी असू शकते. विशेष म्हणजे अशा कमी तपमानात त्यांच्या स्नायूंचे कार्य मुळीसुद्धा मंदावत नाही.

ध्रुव प्रदेशात राहणारे लोक तेथील जीवघेण्या हिमवर्षावात देखील आपले तोंड झाकत नाहीत. ऑस्ट्रेलियातील मूळ रहिवाशांच्या पायाना १२ ते १५ अंशाचे थंड तपमान सहज मानवते आणि ते धुमसणाऱ्या शेकोटीनजीक पांघरूण न घेताच झोपू शकतात. याचा अर्थ असा की माणसाच्या काही अवयवाना सरावाने अति थंडीचा सहज प्रतिकार करणे शक्य असते.

जलचरांच्या बाबतीत त्यांचे बाह्य अवयव थंडीने न गारठणे महत्त्वाचे आहे. देवमासे आणि सील प्राण्यांच्या शरिराभोवती जाड असा चरबीचा थर असून त्यातील रक्तवाहिन्यांचे जाळे अगदीच किरकोळ असते. म्हणूनच या प्राण्यांच्या चरबीमार्गे फारच कमी उष्णता बाहेर टाकली जाते. पोहण्यास उपयुक्त अशा त्यांच्या अवयवाबाबत मात्र भिन्न परिस्थिती असते. हे अवयव चरबीने संरक्षित नसतात पण त्यामध्ये रक्तप्रवाह उत्तम प्रकारे खेळविलेला असतो. तेथील स्नायूंची गतिमान हालचाल लक्षात घेता ते योग्यच ठरते कारण, गतिमान स्नायूना अधिक रक्तपुरवठा करावा लागतो. असे गरम रक्त तेथे आले की या अवयवातून मोठ्या प्रमाणात उष्णता बाहेर पडते. अशा प्रकारची व्यवस्था नसती तर सील, वॅलरस – असे जलचर सस्तनवर्गीय प्राणी उत्क्रांती क्रमात तेव्हाच नाहीसे झाले असते.

बाह्य अवयवांकडे गरम रक्त नेणाऱ्या रोहिण्या, नीलांच्या दाट जाळ्यात गुंतलेल्या असतात. या नीला उष्णताविरहित रक्त बाह्य अवयवांकडून परत हृदयाकडे नेत असतात. परिणामी रोहिण्यातील रक्त स्नायूना उपलब्ध होई-पर्यंत त्यातील बरीचशी उष्णता निलेतील रक्ताला दिली जाते. साहजिकच बाह्य अवयवांमधून कमीतकमी उष्णता बाहेर पडते. निसर्गाने असे उष्णता-

विनिमयक उपकरण (उष्णतेची अदलाबदल करणारे उपकरण) अनेक प्राण्याना बहाल करून मोठेच उपकार केले आहेत. पेंग्विन पक्षच्या खांद्या-खाली असे उपकरण असून खांद्यांवरील पंखसदृश लोंबत्या अवयवामधून उष्णता बाहेर पडण्यास प्रतिबंध होतो.

उष्णरक्ती प्राण्यांच्या फुफ्फुसांमधून थंडी शरिरात शिरते. फुफ्फुसात रक्ताचा थंड हवेशी सरळसरळ संबंध येतो. फुफ्फुसांचा अंतर्पृष्ठभाग अतिशय विस्तृत असतो (सर्वसामान्य उंचीच्या माणसामध्ये तो ९० चौरस मीटर म्हणजे संपूर्ण त्वचेच्या पन्नास पट मोठा भरतो). फुफ्फुसात येणारे रक्त साहजिकच थंड होणार आणि त्यामुळे सारे शरीर थंड बनणार असाच कोणीही तर्क करेल. पण तसे होत नाही. उष्ण हवामानाच्या वेळी फुफ्फु-सातून बाहेर पडणारे रक्त, आत शिरणाऱ्या रक्तापेक्षा कमी तपमानाचे असते तर थंड हवामानात या उलट प्रकार असतो. हे बदल अगदी ०.०३ अशाएवढे जरी क्षुल्लक असले तरी हिवाळ्यात आणि उन्हाळ्यात तपमान स्थिर राखण्यास पुरेसे असतात.

उष्ण हवामानात, फुफ्फुसातून बाहेर पडणारे रक्त थंड असते कारण उष्णता बाष्पीभवनात खर्च होते. थंड हवामानात रक्त गरम कसे काय ठेवले जाते याबाबत अगदी अलिकडच्या काळापावेतो फारच थोडी कल्पना होती. हे फार पूर्वीपासून माहित होते की श्वसनमार्ग, नाक, कंठ किंवा स्वरयंत्र, श्वसनमार्ग यामधून जाणारी हवा, या इंद्रियातील गरम हवेमुळे गरम बनून तपमानातील फरक बराचसा कमी होतो. तथापि, हिवाळ्यामध्ये फुफ्फुसात जाणारी हवा रक्तापेक्षा कितीतरी अधिक थंड असून रक्तास नक्कीच थंडपणा आणते. तरीसुद्धा माणसासह इतर उष्ण-रक्ती प्राण्यांमध्ये उष्णतेचे प्रमुख उद्गमस्थान म्हणजे त्यांची फुफ्फुसेच होत. याचे कारण असे की फुफ्फुसांच्या उतींमध्ये उच्च उष्मांक असणारी मेदद्रव्ये (चरबी) असतात जेव्हा थंडी असते तेव्हाच फक्त या मेदद्रव्यांचे "ज्वलन" होऊन मोठ्या प्रमाणात उष्णता मोकळी होते आणि याचा उष्णतारोधक थर निर्माण होऊन जीव मात्राचे गारठण्यापासून रक्षण होते. अशा तऱ्हेने ही 'खिंडही' समाधानकारकपणे बुजविली गेली.

फुफ्फुसे आणि त्वचा यातील पाण्याचे बाष्पीभवन साधून थंडपणा आणणे माणसास शक्य असते. इतर अनेक प्राण्याना स्वत:स थंड राखणे फार अवघड जाते. उंदीर-घुशींसारख्या कित्येक कृंतकवर्गीय प्राण्यांमध्ये स्वेदग्रंथी नसतात.

जेव्हा उष्ण हवामान असते तेव्हा हे प्राणी धापा टाकू लागतात, म्हणजेच श्वासोच्छवास जलद गतीने करू लागतात व त्यायोगे फुफ्फुसातील जादा पाणी बाहेर टाकतात. कुत्री आणि गाई उन्हाळ्यात असेच करताना दिसतात. असे करूनही शरिरास थंडपणा प्राप्त झाला नाही तर अंगावरील केसांचा थर लाळेने ओला करतात. ओपोसम आणि ऑस्ट्रेलियातील शिशुधान प्राणी (कांगरू इ.) हाच मार्ग अनुसरतात.

मधमाशा बाष्पिभवन आणि वायुवीजन या दोहोंचा उपयोग करतात. जेव्हा पोळ्यातील तपमान फारच वाढते तेव्हा काही मधमाशा त्यावर पाण्याचा "शिडकावा" मारतात तर इतर प्रवेशद्वारी राहून पंखांची जोरदार उघड-झाप करतात त्यामुळे अंतर्भागात जोरदार वारे घुसून बाष्पीभवनाची गती वाढते.

पाण्यातील प्राण्याना शरीर थंड ठेवणे फारच कठीण जाते. हवेच्या तुलनेने पाणी वीस ते सत्तावीस पट अधिक वेगाने उष्णतेचे वहन करते खरे पण देवमासे, सील इ. प्राण्यांमध्ये चरबीचे जाड आवरण असल्यामुळे त्याचा काहीच उपयोग होत नाही. जर देवमाशांच्या शरिरात एक खास रचना नसती तर त्यांचे शरीर "उकळू" लागले असते. कारण, देवमासा ताशी छत्तीस किलोमीटर वेगाने पोहत असल्यामुळे त्याच्या शरिरात इतकी उष्णता निर्माण होते की दर पाच मिनिटास एक अंशाने त्याच्या तपमानात वाढ होऊ शकेल. आपल्या कातडीतील रक्तवाहिन्यांच्या सहाय्याने देवमासे व सील शरीर थंड राखतात. शरीर थंड असते तेव्हा चरबीच्या थरातून कात-डीपर्यंत येणाऱ्या वाहिन्या संकोच पावतात आणि कातडीतील वाहिन्या रिका-म्या पडतात. जेव्हा ते गतिमान असतात तेव्हा शरिराचे तपमान वाढते आणि उष्ण रक्त थंड करण्यासाठी कातडीकडे पाठविले जाते.

याशिवाय आणखी एक तंत्र अस्तित्वात आहे. स्नायूंच्या वाढत्या श्रमाचा परिणाम नेहमीच रक्तदाब अधिक वाढण्याकडे होतो. या वेळी पंखाकडे जाणाऱ्या रोहिण्या फुगतात आणि नजिकच्या वाहिन्यांवर दाब आणतात. पंखातील रक्त बाहेर पडून यापूर्वी निष्क्रियावस्थेत असलेल्या वाहिन्यात शिरते. पण त्यामुळे हृदयातील उष्णता-विनिमयक उपकरणाच्या कामात व्यत्यय येतो. उष्णता मग पंखांमार्गे सभोवतालच्या पाण्यात निघून जाते.

देवमासे आपल्या शरिराचे तपमान कमी करण्यासाठी आणखी एक उपाय करू शकतात. ते जेव्हा गरम होतात तेव्हा नाकातोंडात थंड पाणी भरतात

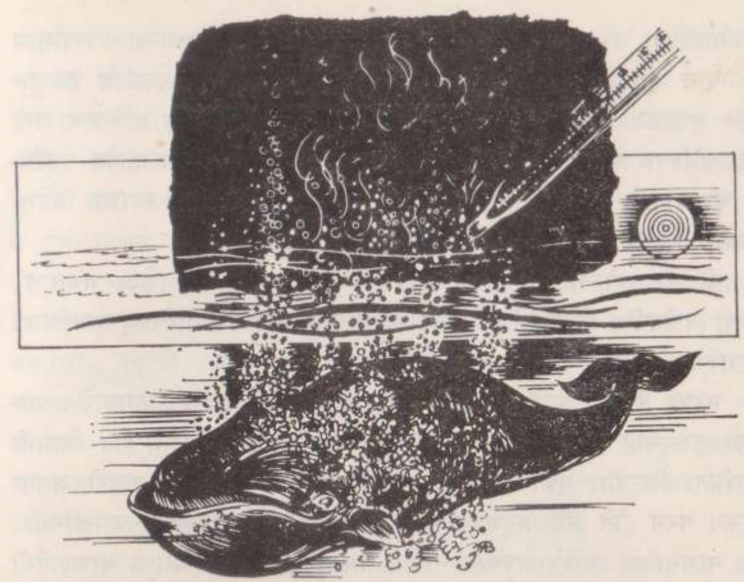
(जणू काही तोंड धुतात !) आणि नंतर गरम झालेल्या पाण्याचे जोरदार कारंजे उडवतात.

शरिरांतर्गत योग्य तपमान ठेवण्यास हे विविध मार्ग जर निष्फळ ठरले तर अधिक तपमानामुळे धक्का बसून मेंदूला इजा पोहोचते. हे लक्षात घेण्यासारखे आहे की सोसवणारे बाह्य तपमान हे जीवदायी प्रक्रिया इ. मुळे वाढणाऱ्या अंतर्गत तपमानापेक्षा खूपच कमी असते. उन्हाळ्यात उष्णतामान ३९.६ अंश झाले तर माणसास मूर्च्छा येईल, पण अतिशय श्रमाच्या कामामुळे अंतर्गत तपमान ४० अंशायर्यंत वाढते. रोगास कारणीभूत ठरणाऱ्या जीवजंतूमुळे अगदी ४२ अंशापर्यंत तपमान वाढते.

शरिरात निश्चित व स्थिर तपमान राखण्याची जीवमात्रास नेहमीच जरूरी असते असे मात्र मुळीच नाही. वाळवंटी प्रदेशात दिवसाच्या व रात्रीच्या तपमानात फार मोठे फेरफार घडून येतात. या ठिकाणी राहणाऱ्या प्राण्यानी उष्ण रक्ताच्या सनातनी गुणधर्मास बराच फाटा दिलेला आढळतो. "वाळवंटातील जहाज" म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या उंटाने इतर उष्णरक्ती प्राण्यांच्या तुलनेने वाळवंटी जीवनाशी फार उत्तम तऱ्हेने जुळवून घेतले आहे. शरिरांतर्गत तपमानातील ५.५ अंशाचा बदल तो सहजगत्या सहन करू शकतो. वाळवंटातील थंड रात्री उंटाच्या शरिरातील तपमान ३५ अंशापर्यंत उतरते. हे फायदेशीरच ठरते कारण तपमान वाढविण्यासाठी अंतर्गत ऊर्जेचा वापर त्यास करावा लागत नाही. दिवसा त्याच्या शरिराचे तपमान ४०.५ अंश इतके वाढले तरी ते कमी करण्यासाठी उंट काहीही करीत नाही. पण जेव्हा अगदी अर्ध्या अंशाने तपमान घटते (तसे पुष्कळदा घडतेही) तेव्हा श्रमामुळे निर्माण झालेली जादा उष्णता तो सहज बाहेर टाकतो.

कोणतीही समस्या निर्माण न होऊ देता अगदी कमी मर्यादेत शरिराचे तपमान स्थिर ठेवणे अशक्य असते. पण त्यासाठी खास उपकरण मिळाल्यामुळे प्राणिमात्रास ते शक्य झाले आहे. ज्या अविकसित प्राणिमात्रास तसा स्वतःचा "उष्णतामापक" अद्यापही लाभलेला नाही ते पुष्कळदा अडचणीत येतात.

जीर्ण झालेल्या सरपणादी वस्तूंच्या ढिगात राहणारे उष्णताप्रेमी सूक्ष्म जीव आगीबाबत काळजी घेण्यास अगदीच असमर्थ असतात. ते प्रसंगी एवढी उष्णता मोकळी करतात की हे ढीग अकस्मात पेट घेतात. कपड्या-सुतांच्या ढिगावर, लोकरीचे ढीग, ताग-काथ्यांचे ढीग इत्यादी ठिकाणी वसती



करणारे सूक्ष्मजीव तितकेच निष्काळजी असतात. त्यांची संख्या जर मोठ्या वेगाने वाढली तर आग लागण्यास मुळीच वेळ लागत नाही.

उष्णरक्ती प्राण्यांच्या रक्ताचे (आणि त्याबरोबर अर्थातच शरिराचे) तपमान, मेंदूतील उष्णता-नियंत्रक केंद्रामार्फत आणि त्वचेतील औष्णिक आलोककामार्फत सतत नियंत्रित केले जाते. निसर्गास जर एखादे मनोरंजक तंत्र सापडले तर ते तो अर्धवट न सोडता त्यात पूर्णत्व आणण्यात प्रयत्नशील असतो. काही प्राण्यांतील हे औष्णिक आलोकक एवढे विकसित झाले की अन्न-शोधाचे ते प्रमुख साधन ठरले.

थंड रक्ताचे प्राणी अशा औष्णिक-आलोककांमुळे अतिशय पटाईत ठरले आहेत. याउलट, उष्ण-रक्ती प्राणी, शरिरांतर्गत उच्च तपमानामुळे त्यांच्यापासून दूरवर होणाऱ्या उष्णतेतील फेरफारांची नोंद घेऊ शकत नाहीत. मधमाशा, मुंग्या, ढेकूण, रातकिडे, गोचिड तसेच विषारी साप, अजगर, खडखड्या साप आणि इतर सरपटणाऱ्या प्राण्यांमध्ये अतिशय संवेदी असे औष्णिक-आलोकक असतात. कीटकात ते त्यांच्या अँटेनात असतात कारण त्याना दूरवरचे औष्णिक फेरफार विशेषकरून जाणूण घ्यावयाचे असतात,

तर मातीच्या तपमानातील फेरफार जाणणे आवश्यक असणाऱ्या प्राण्यांमध्ये ते पायात असतात. आपल्या अँटेनाच्या जोडीमुळे उष्णतेचे दूरवरचे उद्‌गम-स्थान पुष्कळशा अचूकतेने निश्चित करता येते. आपले भक्ष्य नजिकच आहे असा औष्णिक संदेश मिळताच डास आपले शरीर त्या बाजूला इतपत वळवितो की दोनही अँटेनाना समान उष्णता जाणवू लागते. या त्याच्या अँटेना असतात केवढ्या तर अवघ्या तीन मिलिमीटर लांबीच्या.

कीटक आपल्या लक्ष्याचा वेध कमालीच्या अचूकतेने घेऊ शकतात. त्याची बरोबरी, क्षेपणास्त्रे, अग्निबाण, विमाने इत्यादि तांत्रिकदृष्टचा प्रगत शस्त्रास्त्रे कधीच करू शकणार नाहीत.

भरपूर रक्त पिणारे ढेकूण आपल्या एकाच अँटेनाच्या सहाय्याने रक्त-साठा कुठे आहे ते सहजगत्या ओळखू शकतात. आपली अँटेना सर्व दिशानी फिरविता फिरवता एका विशिष्ठ बाजूस – उदा. उजवीकडे – वळली असता चटकन गरम होते असे अनुभवताच ढेकूण त्या दिशेने वाटचाल करू लागतो.

माणसाच्या त्वचेचे तपमान मोठ्या प्रमाणात बदलते. यामुळे आपणापैकी काही रक्त पिणाऱ्या कीटकाना अधिक आकर्षित करतात. सायंकाळी नदी-काठाने चालता चालता किंवा उघडयावर बसले असता काहीना रक्तपिपासू डास अधिक चावतात आणि ते शरिरापासून क्षणभरही दूर होण्यास तयार नसतात. कोळ्यांच्या सहनशीलतेचा मात्र आचंबा वाटतो. पण हा काही निव्वळ सहनशीलतेचा प्रश्न नाही. चालत्या पायांमध्ये अधिक उष्णता निर्माण झाल्याने डासाना ते आकर्षित करतात. स्तब्धपणे मासेमारी करणाऱ्या कोळ्यांचे पाय थंड राहिल्याने डासांचा त्रास कमी होतो.

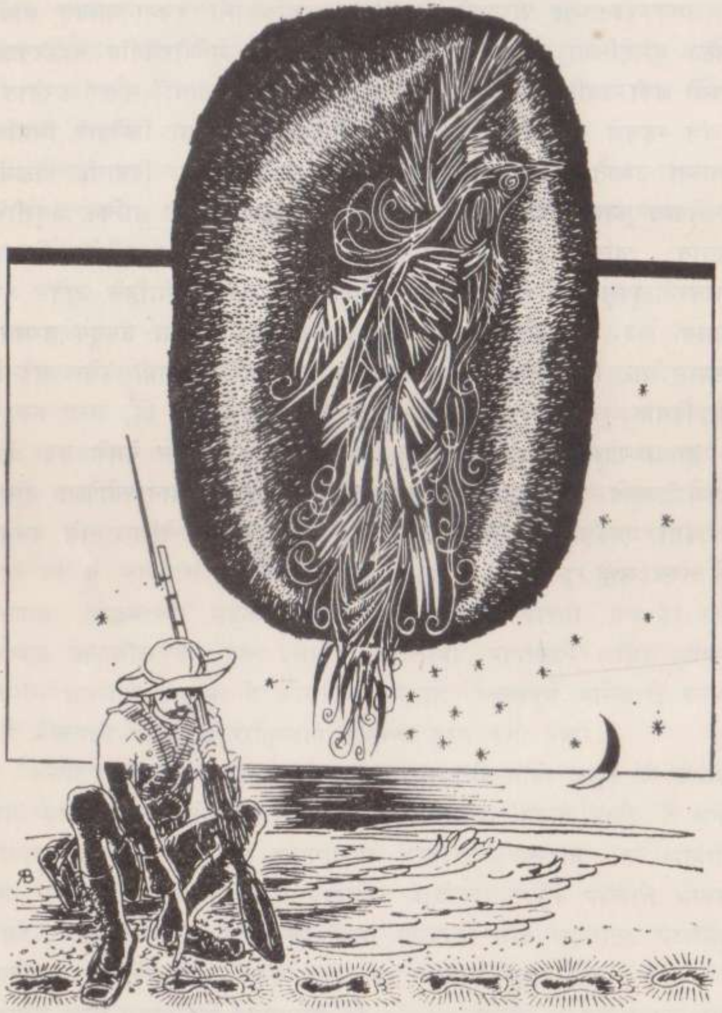
सरपटणाऱ्या प्राण्यांमध्ये औष्णिक आकलकांची जोडी असून ती डोळ्या-खालच्या अंगावर (तोंडावर) व कधीकधी खालच्या ओठात असते. ते अगदी साध्या स्वरूपातील म्हणजे खोबणीच्या आकाराचे असतात. या खोबणीत हवा असून तीवर केवळ पंधरा मायक्रॉन जाडीच्या नाजूक पटलाचे आवरण असते. पटलात अनेक तंत्रिकांची किंवा मज्जांची तोंडे असतात. पटलामुळे आतील उष्णताही निसटू शकत नाही. दर सेकंदास केवळ ०.००० ००० ००५ उष्मांक खर्ची पडण्यामुळे तपमानात जो ०.००२ अंशाचा अत्यल्प फरक पडतो तो जाणण्याइतपत हे पटल संवेदनक्षम असते.

यामुळे सापास, सभोवतालच्या तपमानापेक्षा अवघ्या ०.१ अंशाचा फरक असणारे दूरवरचे भक्ष्य शोधता येते. एवढी आश्चर्यकारक संवेदनक्षमता

असणारा साप अगदी काळयामिट्ट अंधारातही एखादा 'उष्ण' उंदीर किंवा झुडुपात लपलेला बेडूक पकडण्यात कधीच चुकत नाही.

उष्ण रक्ताच्या प्राण्यातील औष्णिक-आलोककांची रचना अत्यंत साधी असते. ऑस्ट्रेलिया व न्यू गिनिआमध्ये आढळणारे मेगॅपोडवर्गीय माऊंडपक्षी आपली अंडी उबविण्यासाठी एक खास प्रकारचे "उबवण-यंत्र" तयार करतात. हे यंत्र म्हणजे कुजणाऱ्या वनस्पतींचा ढीग! कुजण्याच्या क्रियेद्वारे निर्माण होणाऱ्या उष्णतेमुळे ढिगारा उबदार राखला जातो. या ढिगाची काळजी नर घेतात कारण ते अंडी घालणाऱ्या माद्यांपेक्षा अधिक तांत्रिक प्रवृत्तीचे असतात. त्यांची चोच म्हणजे एक उष्णतामापकच असून चोच ढिगात खोलवर खुपसून ढिगाचे तपमान जास्त का कमी ते पाहिले जाते. जर तपमान ३३ अंशापेक्षा अधिक असेल तर ढीग थोडासा उपसून उष्णता जाण्यास वाट दिली जाते आणि तपमान ३३ अंशापेक्षा कमी असेल तर हे पक्षी ढिगात कुजणाऱ्या पालापाचोळ्याची भर घालतात.

हा उष्णतामापक फारच साधा आहे. चोचीचे तपमान नेमके ३३ अंश सें. ग्रे. असते. त्यामुळे, चोच खुपसून ढिगाऱ्यातील तपमान त्यापेक्षा जास्त की कमी एवढेच काय ते पहावयाचे उरते. माणसास देखिल तसे करता येणे शक्य आहे.



अग्निपक्षी आणि सजीव दीप

जणू एखादी परिकथाच !

कोण्या एकेकाळी, कोण्या एका राज्यात बेरेंडी नामक राजा होऊन गेला. त्याचा एक अप्रतिम बगिचा होता आणि त्यामध्ये सोन्याचे सफरचंद देणारे एक झाड होते.

पुढे एक चोर बगिच्यात शिरून ही सोन्याची सफरचंदे चोरू लागला. या बगिच्याचे इवान नामक आपल्या सर्वात धाकट्या मुलाने रक्षण करावे असा राजाने आदेश दिला. इवानने खूप रात्रीपर्यंत बागेत फेऱ्या मारल्या पण त्यास कोणीच आढळले नाही. पण मध्यरात्री प्रकाशाने बगिचा एकाएकी उजळला आणि इवानने पाहिले की एक अग्निपक्षी सफरचंदाच्या झाडावर बसून सोन्याची सफरचंदे तोडत आहे. धावत जाऊन इवानने त्या अग्निपक्षास पकडण्याचा प्रयत्न केला पण त्याचे शेपूटच हाती आले आणि तेवढ्यात तो निसटला देखिल. इवानच्या हाती एकच पीस आले खरे पण त्यामधून एवढा प्रकाश बाहेर पडत होता की साऱ्या बगिच्यास जणू आगीनेच वेढले आहे असेच वाटावे.

एका प्राचीन रशियन परिकथेत या विस्मयपूर्ण अग्निपक्षाविषयी सांगण्यात आले असून अनेकानी ही कथा ऐकली असावी. तथापि, फारच थोड्याना माहिती असेल की अग्निपक्षी हा खरोखरच एक पक्षी असून तो प्रत्यक्ष पाहणारी इवान ही काही एकमेव व्यक्ती नव्हे.

९ सप्टेंबर १८६४ या दिवशी, बारशाचा समारंभ आटपून फयोदर हा धर्मोपदेशक घरी परतत होता. बोल्होव नदी काठच्या स्ताराया लोदोगा नामक गावातील सेंट जॉर्ज कॅथेड्रलचा तो धर्मोपदेशक होता. संध्याकाळ झाली होती आणि खाली झुकलेल्या ढगानी आकाश भरून आले होते. पाव-

साची रिपरिप चालू होती. फ्योदर वार्धक्याकडे झुकला होता, त्यामुळे त्याचे पाय केव्हाच थकून गेले होते. अचानक आपल्या लांब झग्यामुळे तो अडखळून चिखलात पडला. अंधारात त्याला रस्ताही सापडेनासा झाला.

पावसाच्या आवजात इतर आवाज ऐकू येईनासे झाले. मधूनच नदी-काठी कुठेतरी बांधलेल्या जनावराच्या गळ्यातील घंटेच्या आवाजाने किंवा आकाशात उडणाऱ्या पक्षांच्या फडफडीमुळेच काय ती स्तब्धता भंग पावे. फ्योदरला त्या आवजाने कापरे भरले आणि काही दिसते का ते पाहण्यासाठी तो पुढे सरकला. पण अंधारापुढे त्याचे काही चालेना. एकाएकी त्याच्या दिशेने प्रकाशाचा झोत येऊ लागला आणि पाहता पाहता एका तेजस्वी गोळ्यात त्याचे रूपांतर झाले. सोबत पंख फडफडविल्याचा आवाजही ऐकू आला. काही वेळातच प्रकाश नाहीसा होऊन फडफडही ऐकू येईनाशी झाली। तो एक अग्निपक्षी होता. फ्योदर भयभित झाला आणि त्याने ओल्या गवतातच लोळण घेतली. थोड्या वेळाने तो भानावर आला आणि कसाबसा उभा राहून सर्वत्र पाहू लागला. पण अग्निपक्षी केव्हाच दूर गेला होता. दुसरे दिवशी सकाळी फ्योदरने साऱ्याना आपणावर कोसळलेल्या संकटाची हकिकत सांगितली. एका अग्निपक्षाच्या रूपात सैतान कसा दिसला आणि त्याने आपणास टेकडीवरून फेकून देण्याचा कसा प्रयत्न केला हे तर फ्योदरने सांगितलेच पण सैतानाचा हा प्रयत्न आपण कसा हाणून पाडला याचेही त्याने रसभरित वर्णन केले.

हे सारे ऐकल्यावर कॅथेड्रलच्या प्रमुखाने फ्योदरला कुठल्याही समारंभास जाण्यास बंदी केली आणि त्यास पुन्हा पिशाच्चबाधा होऊ नये म्हणून देवापुढे पन्नास नमस्कार घालावयास लावले. पण त्याचा काहीं उपयोग झाला नाही. साऱ्या गावभर अफवा पसरल्या आणि अग्निपक्षी नजिकच अवतीर्ण झाल्याचे सर्वजण सांगू लागले. अंधार पसरून पक्षांचे थवे आपापल्या घरटी परतू लागले की त्यामध्येच एक प्रकाशमय पक्षीही अवतीर्ण होई.

सप्टेंबरच्या अखेरीपावेतो तो दिसत होता आणि तो नेहमी एकटाच असे. त्यानंतर तो नाहीसा झाला आणि बहुधा दक्षिणेकडे निघून गेला.

अग्निपक्षी इतरत्रही दिसल्याची उदाहरणे आहेत. अर्खान्गेल्स्क नामक गावी समुद्र किनारी राहणाऱ्या शिकाऱ्याना दोन प्रकाशमान हंसपक्षी दिसले. त्यानी ते पकडण्याचा प्रयत्न केला पण तो निष्फळ ठरला. यारोस्लावस्काया आणि सिम्बीर्स्काया प्रांतातील लोकाना प्रकाशमान घुबडे दिसली आहेत.

अशीच घुबडे लोकशाही प्रजासत्ताक जर्मनी, फेडरल जर्मनी, फ्रान्स आणि इंग्लंडमध्ये दिसल्याची उदाहरणे आहेत. तथापि, काळ्या समुद्रातील लेब्याझीय (हंस) द्वीपानजिक घडलेला प्रसंग अतिशय उल्लेखनीय ठरतो. तेथील एका स्थानिक कोळ्याने सेवास्तोपल येथून आलेल्या एका अधिकाऱ्याच्या कानावर प्रकाशमान हंसाची हकिकत घातली. रात्री त्या अधिकाऱ्याने प्रकाशमान हंस प्रत्यक्ष तर पाहिलाच पण त्या दुर्मीळ प्राण्यास ठारही केले. जेव्हा त्या मृत पक्षास कोळ्याच्या घरी आणण्यात आले, तेव्हा घरभर प्रकाश पडला. तो मंदसा जरी असला तरी वाचण्यास पुरेसा होता. पक्षाची पिसे रात्रभर चमकत होती पण दुसऱ्या दिवशी तो सेवस्तोपल येथे नेईपर्यंत हे चमकणे बंद पडले.

जगामध्ये या व अशाच प्रकारच्या चमत्कारिक घटना अधूनमधून घडतच असतात. पण त्यांमागचे कारण कळेपर्यंत त्यांचे जनकत्व सैतान किंवा पिशाच्च याना देण्याची सहजप्रवृत्ती असते. गतशतकाच्या अखेरीस हिंदी महासागरातील एका दूरवरच्या बेटावरील लोकाना अशाच गूढ घटना अनुभवास आल्या.

न्यू गिनिआ नामक बेटाचा शोध सोळाव्या शतकाच्या अगदी सुरुवातीस लागला. तथापि, तेथील घनदाट अरण्यांमुळे आणि क्रूर आदिवासींमुळे बराच काळ वसाहत अशी निर्माण झालीच नाही. पुढे तीनशे वर्षानंतर डच लोकानी बेटाच्या उत्तर भागात पहिली वसाहत अभारली. या वेळेपावेतो तेथील मूळ रहिवाशाना या गोऱ्या माणसांची आणि दुसऱ्याना गुलाम बनवण्याच्या त्यांच्या निष्ठूर वृत्तीची चांगलीच कल्पना आली होती. साहजिकच या घुसखोराना त्यांचा कसून विरोध होता. तेथील घनदाट जंगलांची त्याना चांगली माहिती होती शिवाय, विषारी बाणांचा अचूक मारा करण्यातही ते चांगले पटाईत होते. यामुळे गोऱ्या लोकाना त्यांची सतत भीती वाटे. अंगभर गोंदलेले आणि नाकाकानात मोठमोठे दागिने लटकविलेले हे पापुअन टोळीवाले फार भयानक दिसत. ते अगदी न कळत येत आणि हल्ला करून दाट अरण्यात सफाईने पळून जात. डच लोकानी आपल्या वसाहतीस "सैतानाचे बेट" असे जे टोपण नाव ठेवले होते ते अगदी सार्थ होते.

अशा लोकांपासून दूर, सुरक्षित आणि चोहोबाजूनी मोकळी अशी जागा गाव वसविण्यासाठी आवश्यक होती. मुख्य बेटापासून तीस किलोमीटर अंतरावरील एक किनारी प्रदेश त्यानी निवडला. तेथे बाबो नावाचे एक

गाव त्यानी वसविले. घनदाट जंगलापासून दूर आणि टोळीवाल्यांशी फारसा संपर्क जरी येत नव्हता तरी गावाच्या रक्षणाची काही तजवीज करणे भागच होते. कारण, टोळीवाले कधी दाट अरण्यातून तर कधी समुद्रमार्गे अधूनमधून येतच होते. यासाठी गावाभोवती रात्री सशस्त्र गस्त चालू असे.

पुढे अशी एक रात्र उगविली की जी बाबोमधील लोकांच्या स्मरणात दीर्घकाळ रहावी. त्या रात्री हवामान थंड होते आणि आकाश काळयाकुट्ट ढगानी भरून गेले होते. जसजशी रात्र वाढू लागली तसतसे वारे घोंगावू लागले लाटांचा आवाज तीव्र होऊ लागला. सर्वत्र काळोख एवढा दाट होता की समोरचे सुद्धा दिसत नव्हते. यावेळी गस्तीवर जो सैनिक होता त्यास तर फारच असुरक्षित वाटू लागले. एकाएकी त्याचे लक्ष किनाऱ्यावरील अंधूकशा प्रकाशाकडे गेले. शिवाय तो प्रकाश जवळजवळ येत आहे असेही त्याला भासले. किनाऱ्यावरून लांब पट्टीच्या रूपाने तो दूरवर गेला होता. हळूहळू प्रकाश स्पष्ट झाला आणि अखेर चमकणाऱ्या ठशांची मालिका दिसू लागली. आता त्या सैनिकास स्पष्टपणे कळून चुकले की कोणत्या तरी माणसाच्या पावलांचे ठसे उमटलेले असून ते प्रकाशमान आहेत. ते कुठून आले हे समजण्यास मार्ग नव्हता आणि पाहता पाहता काही वेळात ते नाहीसेही झाले.

हा सारा प्रकार केवळ आश्चर्यकारक नसून भयप्रद होता. सैनिकाची तर बोबडीच वळली. आपली जागा घेणारा दुसरा सैनिक केव्हा येतो याची तो वाट पाहू लागला.

दुसऱ्या दिवशी हे गूढ अधिकच भयानक ठरले. कारण, गावातील एक माणूस नाहीसा झाल्याच्या बातमीची त्यात भर पडली. रात्रीच्या वेळी केव्हातरी बाहेर पडलेला तो माणूस कधीच परतला नाही!

सर्वांची खात्री झाली की सैतानाच्या पायाचेच ते प्रकाशित ठसे असून या माणसास त्यानेच पळवून नेले. पापुअन लोकानीही त्यास दुजोरा दिला आणि "सोआंगी सैताना"चेच हे कृत्य आहे असा निर्वाळा दिला.

त्या रात्रीपासून बाबोमध्ये अधूनमधून कुठे ना कुठे सोआंगी सैतानाच्या पायाचे ते भयानक ठसे दिसू लागले. दाट काळोख्या रात्री त्याने भेटीसाठी निवडलेल्या दिसल्या आणि त्याची प्रत्येकभेट कोणत्यातरी दुर्घटनेचा परिपाक ठरली. एकदा एक नाव समुद्रात कुठेतरी नाहीशी झाली तर दुसऱ्यावेळी पाळीव प्राणी जंगलात नाहीसे झाले.

ज्या अर्थी फक्त किनाऱ्यावरच ते प्रकाशित ठसे आढळत त्याअर्थी सोआंगी हा समुद्र-सैतान असावा अशीच साऱ्यांची खात्री झाली. तथापि, लवकरच हा सारा भ्रम दूर झाला आणि सैतानाचे अस्तित्वही. बाबोत राहणारा एक उंच माणूस सायंकाळी आपली नाव सुरक्षितपणे किनारी लागली आहे ना याची खात्री करून घेण्यास किनाऱ्यावर गेला. त्याचे काही शेजारीही मागोमाग चालले होते. अचानक त्यानी पाहिले की पुढे चाल लेला माणूस प्रकाशित ठशांची मालिका अनुसरत आहे. या माणसाचा सैतानाशी खासच संबंध असावा असेच साऱ्याना वाटले. अशा परिस्थितीत त्याला ठार केले जाण्याची शक्यता निर्माण झाली. पण त्याचा जे लोक पाठलाग करीत होते त्यांच्या मागून येणाऱ्याना आढळले की ते सुद्धा पावलांच्या प्रकाशमय ठशांचा मार्ग अनुसरत होते, किंबहुना त्यांच्याच पावलांचे ओल्या वाळूत प्रकाशमय ठसे उमटत होते. पुढे साऱ्याना कळून चुकले की काही रात्री, जो कुणी वाळूवरून चालत जातो त्याच्या पावलांचे असे प्रकाशित ठसे उमटतात.

तर मग सोआंगी नामक समुद्र-सैतान कोण होता आणि किनाऱ्यावरची दमट वाळू तो कशा प्रकारे प्रकाशित करीत होता? ते अग्निपक्षी कोण व कुठून येत असत? शास्त्रज्ञाना गूढ उकलण्यास फार काळ वाट पहावी लागली. पण तोपावेतो उंच वसाहतीतील लोकाना मात्र सतत भीतीदायक वातावरणात दिवस कंठावे लागले.

गूढ उकलण्याच्या दिशेने

या चमकत्या ठशांशी आणि अग्नि-पक्षाशी समुद्रातील काय किंवा जमिनीवरच्या काय, कोणत्याच सैतानाचा कोणताच संबंध नव्हता. अशी दीप्ती, खासकरून जैविक-दीप्ती निसर्गात ठिकठिकाणी आढळणारी असून काहीच्या प्रत्यक्ष पाहण्यातही आलेली आहे. एखादा कुणारा लाकडाचा तुकडा अंधारात आश्चर्यकारक रीतीने चमकत असल्याचे किंवा समुद्राचा काही भाग प्रकाशमान झाल्याचे काही वाचकानी अनुभवलेही असेल. हा प्रकार प्राचीन काळीही माहीत होता पण त्यामागचे कारण दीर्घकाळ गूढ राहिले. पुढे लोकाना समजले की लाकडाची किंवा पाण्यावरील दीप्ती त्यातील सूक्ष्मजीवांमुळे निर्माण होते. तथापि, आपल्या ग्रहावर केवळ जीवजंतूच काही

दीप्तीमान जीव नाहीत. अनेक प्राण्यात आणि वनस्पतींमध्येही हा गुणधर्म आढळतो. आधुनिक शास्त्रीय जगतात प्राण्यांच्या अशा ११०० वर जाती माहीत झाल्या असून या चमकण्याच्या गुणधर्मामुळे त्यांच्या राहण्याच्या अंधुक जागा अधिक सोयीस्कर ठरल्या आहेत.

दीप्ती बहिस्वरूपी (म्हणजे पेशीबाह्य) आणि अंतर्पेशीय अशा दोन प्रकारच्या आढळतात. बहिस्वरूपी दीप्ती असणाऱ्या प्राण्यात दोन प्रकारच्या पेशी असतात. त्यापैकी एका प्रकारच्या पेशीत ल्युसिफेरिन नामक पिवळसर पदार्थाचा मोठा साठा असून दुसऱ्या पेशींमध्ये ल्युसिफेरस या वितंचकाचा बारिक चुरा असतो. जेव्हा प्राण्यास दीप्तीमान होण्याची इच्छा होते किंवा जरूर पडते तेव्हा आपले स्नायू तो आकुंचित करून दीप्तीकारक पदार्थ पेशींमधल्या जागेत उत्सर्जित करतो किंवा बाहेरही फेकतो. ल्युसिफेरिनचे ल्युसिफेरसच्या मदतीने ऑक्सिडीकरण होते आणि प्राणी चमकू लागतो. भरपूर प्राणवायू असणाऱ्या पाण्यातच दीप्तीपरिणाम घडून येतो.

आंतर्पेशीय स्वरूपाच्या दीप्ती-प्रकारात ल्युसिफेरिन आणि ल्युसिफेरस हे दोन्ही पदार्थ एकाच पेशीत असतात. या प्रकारच्या दीप्तीचा प्रत्यक्ष कार्य-करणभाव अद्यापी नीट समजलेला नाही. एक शक्यता अशी की प्रत्यक्ष पेशीतच प्राणवायू मोठ्या वेगाने सोडला जात असावा.

सजीव प्राण्यातील दीप्ती, म्हणजेच जैविक दीप्ती नेहमीच आश्चर्यजनक ठरलेली आहे. बाह्यतः अगदी असाधारण वाटणाऱ्या या गुणधर्मामागे कोणती कारणपरंपरा असावी? शास्त्रज्ञांची पुरी एक पिढी या प्रश्नाने ग्रासलेली होती. अगदी अलिकडेच हे गूढ उकलू लागले आहे.

जैविक दीपनाचा काही प्रमाणात उलगडा लेंरणारे संशोधन सुमारे तीसएक वर्षापूर्वी सुरू झाले. सोविएत शास्त्रज्ञ व्ही. लेप्योश्कीन आणि ए. गुर्विच यानी नेहमीच्या अगदी परिचित अशा वनस्पतींमध्ये (त्यातील पेशींमध्ये) अत्यंत क्षीण स्वरूपाची दीप्ती असल्याचा शोध लावला. ही दीप्ती एवढी क्षीण होती की त्या वेळच्या या संशोधकाना ती नोंदविणाऱ्या आणि मोजणाऱ्या उपकरणाची उभारणी करणे अशक्य ठरले. अशी उपकरणे अगदी अलिकडेच उपलब्ध झाली आहेत. त्यांचा वापर करून शास्त्रज्ञानी असे दाखवून दिले की रासायनिक दीप्ती (म्हणजेच ज्या दीप्तीसाठी रासायनिक क्रियेतून ऊर्जा पुरविली जाते) हा अगदी सर्वसामान्य प्रकार आहे. मेद द्रव्यांसह कित्येक पदार्थ ऑक्सिडीकरणाच्या वेळी प्रकाशतात. यामुळेच

की काय, प्राण्यांतील आणि वनस्पतीतील उती एकसारख्या प्रकाशमान होतात आणि त्या कार्यरत असते वेळी प्रकाशण्याची विशेष तीव्रता आढळते. उदाहरणार्थ, बेडकाच्या आकुंचित होणाऱ्या हृदयाचा पृष्ठभाग कायम उजळलेला असतो.

प्राण्यांच्या उतींमधील जैविकदीपन प्रामुख्याने लिपिडवर्गीय मेदद्रव्यांच्या ऑक्सिडीकरणाच्या क्रियेतून निर्माण होते. रासायनिक प्रक्रियेचा परिपाक म्हणून (विद्युतदृष्टचा) उत्तेजित अणू अस्तित्वात येतात. अशा अणूतील इलेक्ट्रॉन ऊर्जेच्या वरच्या पातळीत जातो. इलेक्ट्रॉन जेव्हा परत पूर्वीच्या पातळीस परततो तेव्हा मिळालेली जादा ऊर्जा बाहेर टाकतो व ती नव्या रासायनिक साखळ्यांसाठी (रासायनिक रचनेसाठी) वापरली जाते किंवा प्रकाशपुंजाच्या स्वरूपात प्रकट होते. या ठिकाणी ज्या प्रक्रिया घडतात त्या प्रकाश-संश्लेषणाच्या अगदी विरुद्ध स्वरूपाच्या असतात. प्रकाश-संश्लेषणात, प्रकाश इलेक्ट्रॉनला वरच्या पातळीत नेण्यास कारणीभूत ठरतो आणि मोकळ्या होणाऱ्या ऊर्जेचा वापर कार्बोहायड्रेट संयुगांचे संश्लेषण करण्यासाठी होतो.

पुढे असेही स्पष्ट झाले की केवळ प्रसंगोपात् घडणाऱ्या लिपिडांच्या ऑक्सिडीकरणामुळेच क्षीण दीप्ती निर्माण होत नाही तर जीवनाचे सातत्या टिकविणाऱ्या रासायनिक प्रक्रियांमधूनही ती निर्माण होते. ज्या अर्थी अशा तऱ्हेचा आविष्कार अस्तित्वात आहे त्या अर्थी तो निर्माण करणारे आणि त्याचा उपयोग करणारे जीव अस्तित्वात नाहीत असे समजणे चमत्कारिक ठरेल. या ग्रहावर तसे काही जीवमात्र जरूर आहेत पण बहुसंख्य प्राणी—मानवासह—अत्यंत क्षीण स्वरूपाची दीप्ती निर्माण करू शकतात.

चमकणारे बहुसंख्य जीव समुद्रात राहणारे असतात. त्यापैकी अत्यंत विपुल प्रकार म्हणजे पेरिडायनिअन नामक लांब धागे असणाऱ्या सूक्ष्म वनस्पतिजीवनाचा. समुद्रात अत्यंत आकर्षक असे प्रकाश दिसण्यास या वनस्पतीच कारणीभूत असतात. हालचालरहित आणि स्तब्धावस्थेत असता पेरिडायनिअन प्रकाशमान नसतात. पाण्यातील खळबळीमुळे त्या हलविल्या गेल्या की तात्काळ चमकू लागतात. बोट पाणी कापत असताना लाटा निर्माण होतात त्यावेळी लाटांचा शिखरभाग चमकतो तो या पेरिडायनियनांमुळे. यावेळी त्या आपली ऊर्जा वापरून काही क्षण चमकून जातात.

पेरिडायनिअनयुक्त पाण्यात रात्रीच्या वेळी जर पाणबुड्याने बुडी मारली तर त्याच्या प्रत्येक हालचालीमधून जणू नित्य नवे 'दारूकाम' पहावयास

मिळेल. त्याच्या मुखवट्याभोवती जणू शेकडो शलाका चमकत असल्याचे दृष्य दिसेल. हे कल्पनातीत रम्य दृष्य सर्वांच्या कायमचे स्मरणात राहील.

जेव्हा पेरिडायनिअनचा थर किनारी येऊन पसरतो तेव्हा त्या वाळून न जाता ओल्या वाळून पुन्हा चमकू लागतात. अशा वाळूवरून चालणारा माणूस मागे पावलांचे चकाकते ठसे ठेवून जातो. पेरिडायनिअन वनस्पतींमध्ये हालचाल निर्माण झाल्याचे ते द्योतक असते.

असे हे "भीतीदायक" ठसे केवळ न्यू गिनिआच्या किनारीच नव्हे तर अगदी विषुववृत्तानजिक किंवा ध्रुवप्रदेशातही आढळतात. सुप्रसिद्ध संशोधक नॉर्डेनस्कोल्ड यास ते स्पिट्झबर्गेन किनाऱ्यांवर आणि द लाँग बेटांवर आढळले. मेट्रिडियाना या नावाने ओळखली जाणारी कोपपॉड ही वनस्पतीही. काही ठिकाणी आढळून येते.

मोठ्या प्राण्यांपैकी फारच थोडे प्राणी ल्यूसिफेरिनची निर्मिती करू शकतात. ते प्रकाश-निर्मिती करीत असलेच तर त्यांच्या अंगावर तशा प्रकारचे जीवजंतू रहात असतात व ते चमकतात. उदाहरणार्थ ब्राझिलनिवासी देवमाशांचे (ब्राझिलियन शार्क) डोके व सर्व शरीर हिरव्या प्रकाशाने चमकत असते. याचे कारण म्हणजे त्याच्या अंगावरील दीप्तीमान जीवजंतू. अशा तऱ्हेचा सहवास "सहजीवन" या नावाने ओळखला जातो. सहजीवनात दोन भिन्न जीव, परस्परांच्या फायद्यासाठी एकत्र येतात. यजमान-प्राणी आपल्या सोबत राहणाऱ्यांच्या गरजा भागवतो आणि त्याबदली ऋणी प्राणी त्यास प्रकाशित करतात.

ठराविक प्रकारचे दोन जीव सहजीवन जगू शकतात आणि प्रत्येक उदाहरणात असे दोन जीव स्वतंत्रपणे राहणे अशक्य असते असे आढळून येते. तथापि, तात्पुरती "हातमिळवणी" सुद्धा घडून येते. कधी कधी हे दीप्तीमान प्राणी एखाद्या पक्षाच्या पंखांवर (पिसांवर) आपली वसती कर करतात आणि यामुळेच परिकथेतील अग्निपक्षी अस्तित्वात येतो. समुद्रकिनारी जे पाणपक्षी (वॉटर-फाऊल, पाणकोंबडे) विहरत असतात त्यापैकीच काहींचे "अग्निपक्षात" रूपांतर होते. बहुधा त्यांची पिसे समुद्रातील सूक्ष्मजीवांनी भरलेली असतात. वैनतेय, पिंगळा, घुबड यांच्याबाबत थोडा वेगळा प्रकार असतो. ते प्रकाशणाऱ्या बुरशीने दूषित झालेले असतात, कारण त्यांची वसती नेहमीच कुजणाऱ्या, जुनाट अशा झाडांच्या पोकळीत (ढोलीत) असते.

सजीव दीप

प्राणिजगतातील अनेक दीप्तीमान जीव समुद्रात राहणारे आहेत. खोलवरच्या समुद्रात ते अधिक संख्येने आढळतात. ही लक्षात येण्याजोगी गोष्ट आहे. खोल समुद्रातील कायमचा काळोख त्यांच्या खेरीज दुसरे कोण उजळणार? त्यापैकी सर्वात लहान प्राण्यांचे सारे शरीर प्रकाशित झालेले असते तर मोठ्या प्राण्यांमध्ये त्यासाठी खास अवयव असतो. त्यांच्यापैकी काहींनी – उदा. शीर्षपादी मृदुकाय प्राणी आणि खोलसमुद्रात राहणारे मासे – आपला प्रकाशणारा अवयव चांगला विकसित केल्याचे दिसते. तथापि, पृष्ठभागानजिक राहणारे प्राणीही त्यात मागे नाहीत. अमेरिकेच्या किनाऱ्यानजिक, प्रशान्त आणि अॅटलांटिक समुद्रात शिपाईमासे (सार्जंट फिश) थव्याने आढळतात. ते २५-३५ सें. मी. लांबीचे असतात. हे मासे जेव्हा अंडी घालतात त्यावेळी त्यांचे उत्तमप्रकारे निरिक्षण करता येते कारण या कामासाठी ते किनाऱ्यानजिक किंवा नदीच्या मुखाजवळ अथवा उथळ उपसागरात हमखास येतात. अंडी घातली की मादी निघून जाते पण नर मात्र पिले निपजेपर्यंत अंड्यांची देखभाल करतो.

माशांचा आवाज असा ऐकू येत नसल्यामुळे "अगदी माशासारखा मुका" अशी म्हण पडल्यास नवल नाही. पण ही म्हण या शिपाई-माशांना लागू पडत नाही, कारण ते आवाज काढू शकतात. अंड्यांचे रक्षण करणारा नर भुंग्याप्रमाणे सतत आवाज काढत असतो. बहुधा शत्रूस भीती दाखवण्यासाठी तो हे करत असावा. यामुळे ह्या शिपाई-माशांना मोठ्या प्रमाणावर प्रसिद्धी मिळाली आहे. एखाद्या शिपायाच्या गणवेशाप्रमाणे त्यांचा विशिष्ठ रंग असून त्यावर जशी ओळीने बटने असतात तसेच त्यांच्या अंगावर चमकणारे ठिपके दिसतात. या माशात दिव्यांसारखे व अतिशय गुंतागुंतीचे प्रकाशित अवयव असून त्यांची संख्या सुमारे तीनशे भरते. त्यामुळे हे मासे म्हणजे छोट्या आकारांचे जणू दीपच ठरतात.

या प्रकाशित अवयवांच्या बाहेरच्या बाजूवर गडद व अपारदर्शक पटल (पापुद्रा) असते. आतील बाजू चमकती असल्यामुळे ती प्रकाश परावर्तित करते. पुढच्या भागातील पारदर्शक भिंगामुळे प्रकाश केंद्रीत केला जातो तर आतील श्लेष्म (म्यूकस) अंधारात प्रकाशणारा असतो. मासे या "दिव्या"-चा उजेडासाठी म्हणून कितपत वापर करीत असावेत या बाबत शंकाच आहे.

काहींच्या मते, सहचारिणीस आकर्षित करण्यासाठी या प्रकाशाचा वापर होत असावा.

खाण्याची माकले ऊर्फ स्क्वीड (Squid) आणि इतर प्राणी आपल्या प्रकाशणाऱ्या अवयवाचा उजेडासाठी वापर करतात. हे अवयव शिरोभागी किंवा डोळ्यांखाली अथवा डोळ्यांवरच आढळतात आणि साहजिकच ज्या दिशेने पाहतात तो भाग ते प्रकाशित करतात. अशा प्राण्यांच्या डोळ्यामध्ये, प्रकाश बंद करू शकणारी रचना आढळते किंवा प्रकाश देणारा अवयव झाकण्यासाठी त्वचेच्या घडीची (पापणी सदृश) सोय असते.

अशा जीवमात्रांमार्फत जो प्रकाश बाहेर पडतो तो पांढरा, निळा, लाल असा वेगवेगळ्या रंगाचा असू शकतो. कधी कधी एकाच प्राण्यात तीन किंवा चार रंगाचे प्रकाश आढळतात. हे रंग ते स्वतः निर्माण करत नाहीत तर त्यांच्या अंगावर राहणाऱ्या प्रकाशमान सूक्ष्मजीवांमार्फत त्याची निर्मिती होते याप्रमाणे लहान जीव मोठ्या जीवावर वस्ती करून राहतात.

जगातील साऱ्या समुद्रात कशाभिकायुत हे आदिजीव किंवा एकपेशीय नॉक्टिल्यूकास (Noctilucas) नावाचे प्राणी आढळतात. ते मोहरीप्रमाणे अगदी लहान व गोलाकार असून दोन मिलिमीटरपेक्षा जास्त मोठे नसतात. त्यांच्या एका बाजूला तोंड असून ते खोल खळग्याच्या स्वरूपात असते. एखाद्या भिंगातून पाहिले तर त्यांची लांब शंडक आणि प्रकेसल दिसून येईल.

हे नॉक्टिल्यूसा फॉस्फरसप्रमाणे प्रस्फूरित होतात. या प्राण्यांच्या शरिरावर क्रिप्टोमोनाडिना (Cryptomonadina) नामक आणखी एक प्रकारचे प्रकेसलयुक्त सूक्ष्मजीव राहतात. हे सहजीवन कशासाठी असावे? क्रिप्टोमोनाडच्या शरिरात क्लोरोफिल हे हरित द्रव्य असून हिरव्या वनस्पतींप्रमाणेच ते सभोवतालच्या परिसरातील कार्बन डायॉक्साईड शोषून घेतात आणि त्यापासून पिष्ठमय पदार्थ संश्लेषित करतात. पण हे संश्लेषण प्रकाशातच होऊ शकते. त्यासाठी क्रिप्टोमोनाड, नॉक्टिल्यूसांमार्फत बाहेर पडणारा प्रकाश आणि त्यानी सोडलेला कार्बन डायॉक्साईड वापरून पिष्ठमय पदार्थ तयार करतात. या सहजीवनाचा नॉक्टिल्यूसानाही फायदा होतो. क्रिप्टोमोनाडमुळे त्यांचा कार्बन डायॉक्साईडपासून बचाव तर होतोच शिवाय पिष्ठमय पदार्थाच्या संश्लेषणात तयार होणारा प्राणवायूही त्याना मिळतो.

या सजीव दीपाना रहावयास खोल समुद्र आणि गर्द झाडी या जागा फार आवडतात. विशेषतः छोट्या कीटकाना गर्द झाडीत राहणे अधिक

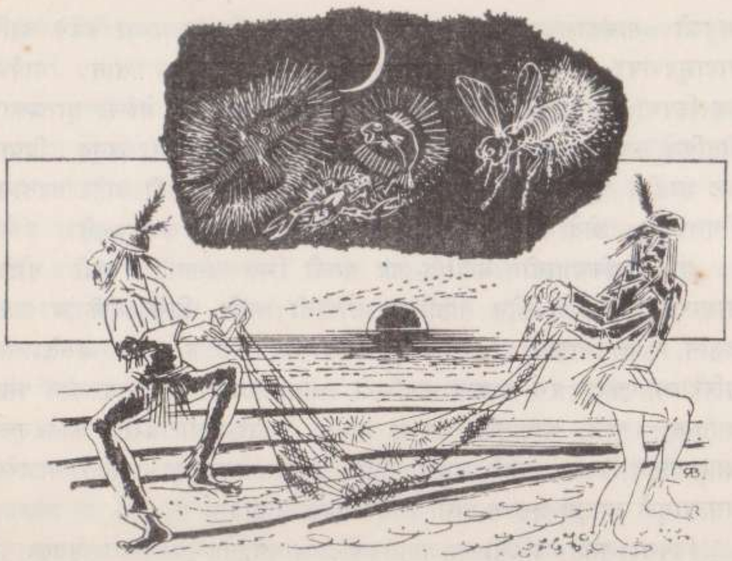
आवडते. सायंकाळच्या वेळी अंधार पडू लागला की रस्त्याच्या कडेने आणि झाडाझुडपांवर फिकट हिरव्या प्रकाशाचे ठिपके चमकू लागतात. त्यापैकी एक ठिपका हातात घेतला तर तो थंड असल्याचे ध्यानात येईल. हा प्रकाश सोनकिडे ऊर्फ काजव्यातून बाहेर पडत असतो. ते निशाचारी असून दिवसा दाट झाडीत लपून बसतात आणि रात्री भूक भागविण्यासाठी बाहेर पडतात. गोगलगायी, छोटे कोळी आणि तत्सम प्रकार हे त्यांचे अन्न असते.

या सोनकिड्यातील मादी व नर अगदी भिन्न असतात. मादी मोठी, साधारणतः दोन ते तीन सेंटिमिटर लांबीची असते. तिचे डोके व छाती लहान व तीनभागांची (खंडांची) असून पोट मोठे व मांसल असते. सर्व शरिराचा एकंदर रंग काळपट तपकिरी असून पोटाचे तीन भाग मात्र पांढरे असतात. याच भागातून प्रकाश बाहेर पडतो. पोटावरील कायटनच्या आवरणातून प्रकाश सहज बाहेर पडतो पण पाठीवरील कायटिन गडदरंगी असल्यामुळे त्यातून प्रकाश असा बाहेर पडत नाही.

दिवसा मादी जमिनीला आपले पोट चांगले टेकवून राहत असल्यामुळे ती क्वचितच दृष्टीस पडते. पण रात्र पडताच ती बाहेर पडून गवताच्या उंचशा पात्यावर चढते आणि पोटाचा खालचा भाग वर करून लोंबकळते. वरच्या बाजूने तिचा प्रकाश चटकन दिसून येतो आणि ते नरास आमंत्रणच ठरते. या सोनकिड्यांचा प्रकाश चांगलाच तीव्र असून दूरूनसुद्धा दिसू शकतो. पुस्तकातील ओळीवरून जर या किड्यास ओढत नेले तर अंधारात ओळ वाचण्यास तो पुरेसा पडतो.

मादीच्या मानाने नर फारच लहान, अगदी अल्पसा प्रकाश देणारा पण उत्तम प्रकारे उडणारा असतो. सोविएत संघाच्या युरोपीय भागात या किड्यांची फक्त एकच जात आढळते. दुसरी जात कॉकेशस पर्वतराजीत पहावयास मिळते. इकडेतिकडे विहरताना त्यांच्यामधून तांबूस प्रकाश बाहेर पडतो.

जैविक दीप्ती हा अगदी सार्वत्रिक आढळणारा प्रकार खरा पण तो निर्माण करणारे प्राणी नेमका कशासाठी त्यांचा उपयोग करतात हे अद्यापी समजलेले नाही. तथापि, काजवे म्हणून ओळखले जाणारे प्रकाशमान कीटक मात्र आपल्या प्रकाशाचा वापर सहचारिणी शोधण्यासाठी करतात ही प्राचीन कल्पनाच सर्वमान्य झाली आहे. निरनिराळ्या जातीचे हे कीटक क्षणभर प्रकाशाची चमचम करतात. मादीही क्षणभर प्रकाश बाहेर टाकते. एकमेकांचे



मनोगत जाणणारे हे प्रकाशसंदेश ठराविक काळ व ठराविक संख्येत दिले जातात. त्यात थोडीशी जरी चूक झाली तर नराची धडगत नसते. तो "परका" ठरतो आणि मादी त्याला लागलीच समाप्त करते.

साधारणतः तीन ते चार मिटर अंतरावरून नराने प्रकाशाची चमचम केली की मादी लगेच प्रतिसाद देत नाही तर, "शिष्ठाचार" म्हणून किंचित थांबते व नंतर अल्पशी चमकते. अशा वेळी नर तिच्या दिशेने वळतो आणि पुन्हा चमकतो. त्यास प्रतिसाद म्हणून मादीसुद्धा परत चमकते आणि अशी ही संदेशांची देवाणघेवाण साधारणतः पाच ते दहा वेळा घडते. तो पावेतो नर मादीजवळ पोहोचतो आणि दोघांचे मीलन होते.

नराचे चमकणे आणि मादीचे प्रत्युत्तर या दरम्यानच्या काळावर एकमेकांची ओळख पटणे अवलंबून असल्याचे दिसते. काही जातींमध्ये हे मध्यंतर दोन सेकंदांचे (१५ अंश सें. ग्रे. तपमानात) आढळते. काही वेळा एका झाडावरचे सर्व काजवे एकत्र व एकाच वेळी चमकतात तर दुसऱ्या नजीकच्या झाडावरील काजवे त्यास उत्तर देताना आढळतात. शक्य आहे की सर्व नर एका झाडावर आणि माद्या दुसऱ्या झाडावर असाव्यात. पण हे सिद्ध झालेले नाही.

शत्रूपासून बचाव करण्यासाठीही प्रकाश-निर्मितीचा वापर होतो. खोल वरच्या समुद्रात माकले ऊर्फ स्क्विड राहतात. त्यापैकी काही जण गडद रंगाची "शाई" बाहेर टाकतात आणि त्यामुळे तयार होणाऱ्या पडद्याआड सुरक्षित जागी पळून जातात. इतर "द्रवअग्नी" बाहेर टाकतात. त्यामुळे (आणि शाईमुळेसुद्धा) त्यांच्या आकारासारखाच प्रकाश निर्माण होतो. हल्ला करणारा प्राणी या प्रकाशमय तोतयामुळे गोंधळून तरी जातो किंवा त्यावरच हल्ला चढवतो. दरम्यान संकटात सापडलेला प्राणी अंधारात पळून जातो.

अशीच युक्ती एक प्रकारचे शेवंज मासे वापरतात. शिंगे, कोळंबी, चिंगाती माशांच्या तोंडाजवळ एक विशेष ग्रंथी असते व त्यामधून ते प्रकाशाचा पडदा उभा करू शकतात. त्यांच्या थव्यावर जेव्हा हल्ला होतो तेव्हा ताबडतोब हल्लेखोरासमोर प्रकाशित पडदा उभा करून वेगवेगळ्या दिशेने ते पळून जातात.

काही प्राणी जेव्हा शत्रूच्या तोंडात सापडतात तेव्हाच प्रकाशमान होतात. पण बचावाची ही एक युक्तीच आहे. प्रकाश फेकणारे भक्ष्य पाहून ते खाणारा भांब्बावून जातो आणि त्याची पकड ढिली पडणे शक्य असते. तोंडातील माशास हेच हवे असते व तो निसटून पळून जातो. काही आळ्या या बाबतीत फारच डोकेबाज ठरतात. त्यांचे दोन तुकडे झाले असता मागच्या भ भागातून प्रकाश फेकला जातो आणि पुढचा तुकडा अंधारात पळून जातो.

खोल समुद्राचा शोध घेणारे सुप्रसिद्ध संशोधक विल्यम बीब यांच्या पाहण्यात एक प्रसंग आला. एकदा समुद्रात खोलवर जात असताना त्यानी पाहिले की अंधूकशा प्रकाशाने चमकणाऱ्या एका आळीचे पाहता पाहता दोन तुकडे झालें. तसे होताच शेपटीकडच्या तुकड्याने प्रकाशाचा झोत सोडला आणि शत्रूने तो गिळला खरा, पण तोंडाकडच्या तुकड्याने प्रकाशमान होण्याचे त्वरित बंद केले आणि तो अंधारात निसटून गेला. हे खरेच की कित्येक आळयांचा तुटलेला भाग पुन्हा पूर्ववत वाढतो आणि त्या निसटलेल्या आळीची शेपटी पूर्ववत होण्यास वेळ लागत नाही. शरिरातील काही भागावर पाणी सोडून त्यातल्या त्यात महत्वाचा भाग वाचविणे हाच या दीप्तीमागचा उद्देश असावा. पालीची तुटलेली शेपटी वळवळत राहते आणि पाल पळून जाते हे सर्वांनी पाहिले असेलच.

या सजीव प्रकाशाचा वापर संरक्षणार्थ आणखी एका प्रकारे केला जातो.

मोठ्या माशाच्या तोंडात सापडलेला मासा प्रकाश-संदेश सोडून थव्यातील इतर माशाना संभाव्य धोक्याचा इशारा देतो आणि सावध करतो.

ध्रुव प्रदेशातील भल्या मोठ्या पण सुस्त अशा देवमाशाच्या डोळयांभोवती छोटया व प्रकाशमान शेवंडांची एक जात सहजीवनाच्या स्वरूपात राहते. त्यांच्या प्रकाशामुळे भक्ष्य आकर्षित होते पण देवमासा मात्र तळाशी आरामात पडून सील किंवा एखादा मासा जवळ येतो का ते पाहत असतो.

वडिश माशामध्ये (Deep sea angler) आढळणारे त्याचे "उपकरण" फारच लक्षवेधक आहे. त्याच्या अंगावर (पुढच्या भागात) तारेसारखे जे काटे असतात ते सारे शेपटीच्या दिशेने वळलेले असतात पण त्यापैकी एक मात्र तोंडापुढे झुकलेला असतो. या खास काटयाच्या टोकाशी निमुळत्या आकाराचे जाडसर आणि उजळरंगी "आमिष" लटकलेले असते. ते बहुदा प्रकाशमान असून आकर्षून जवळ येणारा "चौकस" मासा त्या कावेबाज वडिश माशाच्या तोंडात अलगद सापडतो.

माणसाच्या सेवेत अग्निगपक्षी!

रशियन परिकथेतील बेरेंडीने जेव्हा अग्निपक्ष्याबद्दल ऐकले तेव्हा असा पक्षी आपल्याजवळ असावा असे त्याला वाटू लागले. अशी इच्छा केवळ त्याच्याच मनात नव्हती. प्राचीन काळी असे "सजीव दीप" लोक आपल्या घरात वापरीत असत.

ब्राझीलमधील जंगलात काही अशी भूछत्रे आढळतात. ज्यांचे वरचे छत्र आतून प्रकाशित असते. हा प्रकाश फार काही तीव्र नसतो तरीपण तेथील रहिवाशी अंधाऱ्या जंगलातील वाट दिसण्यासाठी त्याचा वापर करतात.

कॅप्रिडायना हा कवचधारी प्राणी प्रकाशमान असून तो वाळवून त्याची पूड प्रकाशासाठी वापरता येते. या पुडीत ल्युसिफेरिन व ल्युसिफेरस ही दोन्ही संयुगे असतात. केवळ पूड प्रकाशाचे उत्सर्जन करणारी नसते, पण तिच्यावर थोडे पाणी शिंपडताच प्रकाश बाहेर पडू लागतो. दुसऱ्या महायुद्धात जपानी सैनिकानी कॅप्रिडायनाच्या चूर्णाचा वापर अंधारातील मंदसा दिवा म्हणून केला. थोडेसे चूर्ण हातावर घेऊन त्यावर पाणी शिंपडल्यावर जो प्रकाश पडे, तो नकाशा किंवा संदेश वाचण्यास पुरेसा असे. शिवाय, विजेरीचा प्रकाशझोत वापरल्यामुळे शत्रूचे लक्ष वेधण्याचा निर्माण होणारा धोकाही

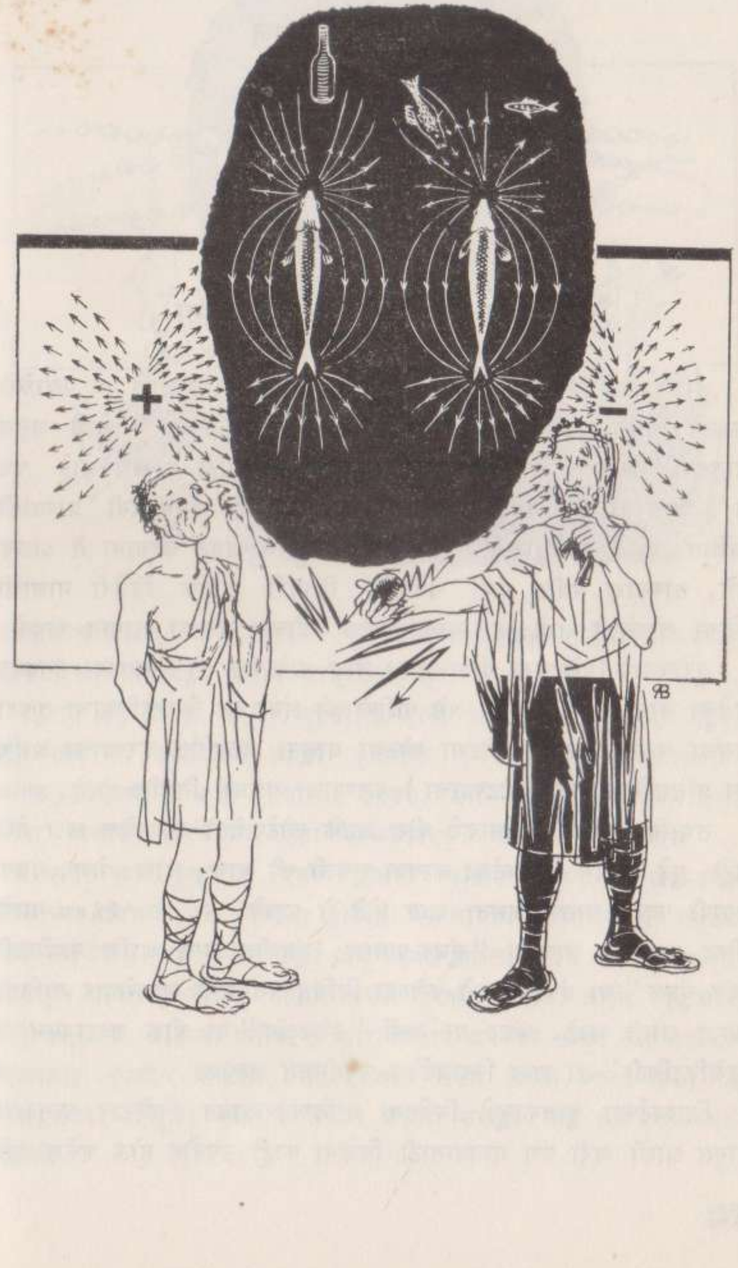


त्यामुळे टळत होता. कॅप्रिडायनाच्या चूर्णातून निर्माण होणारा प्रकाश केवळ चारदोन हातांपुरताच मर्यादित असे.

घरे उजळण्यासाठी प्रकाशमान जंतूंचा वापर करणे अशक्य नाही. त्याना जीवजंतूचे दिवे म्हटले पाहिजे कारण प्रकाशमान जीवजंतू एका काचपात्रात ठेवले म्हणजे झाले. पण प्रत्येक जीवजंतूने किंवा सूक्ष्म जीवाने दिलेला प्रकाश अत्यंत सूक्ष्म असतो. या प्रकारे एका प्रमाणित मेणबत्ती एवढा प्रकाश निर्माण करण्यास ५००,०००,०००,०००,००० जीवजंतू काचपात्रात भरावयास हवेत. जीवजंतू फारच सूक्ष्म असल्यामुळे असे दिवे तयार करणे अवघड नाही. १९३५ मध्ये 'पॅरिस सागरी संशोधन केंद्रा' च्या इमारतीत आंतरराष्ट्रीय सागर-विज्ञान परिषद भरली होती. तेव्हाही अशा सजीव दीपांचा वापर करण्यात आला.

या अणुशक्तीयुगातही अशा सजीव दिव्यांचा वापर होऊ शकतो. अलिकडेच खोल समुद्रातील संशोधनाची व्याप्ती वाढली असून समुद्र तळाशी घरे उभारली जात आहेत. अशा ठिकाणी सागरी सूक्ष्मजीवांचे दिवे वापरण्याची कल्पना फारच आकर्षक ठरते.

याहीपेक्षा अधिक आकर्षक कल्पना म्हणजे रासायनिक ऊर्जेचे सरळसरळ प्रकाश ऊर्जेत रूपांतर करणे. नेहमीचे दिवे, त्यातील धातूची तार तप्त झाल्याने प्रकाशतात. या दिव्यांपेक्षा रासायनिक ऊर्जेचा वापर असलेले दिवे अधिक काटकसरीचे ठरतात. तप्त तारेच्या दिव्यामार्फत जी एकूण ऊर्जा वापरली जाते त्यापैकी फक्त बारा टक्के ऊर्जेचे प्रकाशात रूपांतर होते, तर जैविक ऊर्जा संपूर्णपणे प्रकाशात रूपांतरित होते. या सजीव दिव्याना लांबलचक वाहक तारेचीही जरूरी नसते. हा फार महत्त्वाचा फायदा ठरतो. असे दिवे प्रत्यक्षात निर्माण करणे अशक्य नाही. ज्या गतीने रसायनशास्त्र आज प्रगत होत आहे ते पाहता उद्या अनेक नेत्रदीपक शोध अस्तित्वात येणे मुळीच अशक्य नाही.



प्रकरण ६

सजीवांतील वीज

काही ठळक ऐतिहासिक घटना

आजकाल जिकडे पहावे तिकडे विजेच्या तारांचे दाट जाळे वर पसरलेले आढळते. ठिकठिकाणी मोठमोठी वीज-निर्मिती केंद्रे उभारली गेली असून त्यातून निर्माण होणारी वीज माणूस बहुविध कामासाठी वापरत आहे. पण तो हे विसरतो की या विजेचे उगमस्थान अगदी निरूपद्रवी प्राण्यांशी संबंधित आहे! साडेचार हजार वर्षापूर्वीच्या इजिप्शियन लोकाना ते ठाऊक होते. सोक्कारा येथील एका थडग्यात शिगारी नामक विजेरी माशाची प्रतिमा खोदलेली आहे. हा मासा नाईल नदीच्या वरच्या भागात राहतो.

युरोपमध्ये मिलेटवचा ग्रीक तत्वज्ञ थेल्स याने ख्रि. पू. सातव्या शतकात विजेचा शोध लावला. त्याने असे पाहिले की अंबर या तैलस्फटिकाचा तुकडा घासला असता त्यामध्ये छोट्या छोट्या वस्तूंना आकर्षित करण्याचा आणि त्या प्रतिसरित (मागे लोटण्याचा) करण्याचा गुणधर्म निर्माण होतो.

तथापि, त्याच्या शोधाकडे वीस शतके लोटेपावेतो कोणाचेच लक्ष गेले नाही. पुढे विल्यम जिलबर्टला कल्पना सुचली की काच, लाख, मेण, गंधक इत्यादी पदार्थ घासले असता काय होते ते पहावे. इ. स. १६०० मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या आपल्या "चुंबक-पाषाण, चुंबकीय वस्तू आणि पृथ्वीरूपी प्रचंड चुंबक" या ग्रंथात त्याने केलेल्या विविध प्रयोगांची खुलासेवार माहिती देण्यात आली आहे. अंबर या अर्थी "इलेक्ट्रॉन" या ग्रीक शब्दावरून " "इलेक्ट्रिसिटी" हा शब्द जिलबर्टनेच उपयोगात आणला.

जिलबर्टच्या पुस्तकामुळे विजेच्या आविष्काराबाबत थोडीफार उत्सुकता जागृत झाली खरी पण मानवासाठी विजेचा काही उपयोग होऊ शकेल असे



कोणालाच वाटले नाही. त्यानंतर खूप काळापर्यंत काही तऱ्हेवाईक ठरलेल्या लोकांनीच विजेबाबतचे प्रयोग चालू ठेवले होते.

यात खंड पडला तो प्रा. लुईजी गल्व्हानी यांच्या पत्नीमुळे. एक दिवस त्या नेहमीच्या खाटकाकडे त्याना (आणि सर्वच इटालियन लोकाना) अत्यंत आवडणाऱ्या अशा बेडकांच्या तंगड्या आणि इतर मांस आणावयास गेल्या. अचानक त्यांचे लक्ष एका विस्मयकारक प्रकाराकडे खेचले गेले.

खाटकाच्या दुकानात एका लोखंडी दांडीस तांब्याच्या आकड्याने बेडकांच्या तंगड्या लटकविलेल्या होत्या. या ना त्या कारणाने या तंगड्या जेव्हा लोखंडास स्पर्श करीत तेव्हा जणू जिवंत असल्याप्रमाणे त्या कंप पावत. ते पाहून गल्व्हानी बाईंचा भीतीने अगदी थरकाप उडाला आणि त्या धावत घरी परतल्या. आपल्या पतीस हा सारा प्रकार अनेकदा सांगून त्या खाटकाचे सैतानाशी नक्कीच साटेलोटे असावे असा संशय त्यानी व्यक्त केला. हा सारा प्रकार ऐकून, स्वतःच जाऊन खात्री करावी असे अखेर जिलबर्टने ठरविले.

अशासारखे प्रयोग तीसएक वर्षापूर्वी केले गेले होते. त्यामध्ये, एका लेडन पावत्रातील विजेच्या प्रभावाने (विजेच्या विसर्जनामुळे) मानवी मृतदेहाचे स्नायू आकुंचन पाल्याचे निष्पन्न झाले होते. प्रा. गल्व्हानीना त्याची माहिती होतीच. म्हणूनच त्यांचे मत असे झाले की वातावरणातील विजेच्या विसर्जनामुळे बेडकांचे पाय आखडत असावेत. पत्नीची भीती घालविण्यासाठी घरीच तसा प्रयोग करण्याचे त्यानी ठरविले. त्या वादळी रात्री हे प्रयोग फारच यशस्वी झाले. गच्चीतील दांडीस तांब्याचे आकडे अडकविलेले होते व त्यास लोंबणाऱ्या मृत बेडकाच्या तंगड्या आखडत होत्या, जणू बेडूक जिवंत असल्याप्रमाणे!

स्नायूंच्या आखडण्याशी सैतानी शक्तीचा किंवा वादळाचा तिळमात्रही संबंध नव्हता. शक्य आहे की अधूनमधून वाऱ्याच्या झोतामुळे तांब्याचा आकडा लोखंडी दांडीस स्पर्श करीत असावा आणि लोखंड व तांब्यातील विद्युतमंडळ पूर्ण होत असावे. अशा परिस्थितीत नेहमी वीजप्रवाहाची निर्मिती होते व तसे झाल्यामुळे बेडकाचे स्नायू आकुंचन पावले. इटालियन शरिरशास्त्रज्ञ आणि वैज्ञानिक अ‍ॅलेक्सांद्र व्होल्टा यास हा कार्यकारणभाव प्रथम आकलन झाला असला तरी त्यामुळे गल्व्हानीचे श्रेय तोकडे ठरत नाही.

विजेबाबतच्या आपल्या प्रयोगात गल्व्हानी एवढे व्यग्र झाले की आयुष्याच्या अगदी अखेरपावेतो त्यानी ते चालू ठेवले. १७९१ मध्ये त्यानी आपली प्राथमिक निरिक्षणे प्रसिद्ध केली. त्यांच्या प्रकाशनामुळे (आणि गल्व्हानी बाईंच्या सर्वांना सांगत सुटण्याच्या स्वभावामुळेसुद्धा!) संबंध इटलीत आणि बाहेरही खळबळजनक अफवा पसरल्या. विजेच्या सहाय्याने मृत प्राण्यात चेतना आणता येते तर! कल्पना ताणण्यास मोठेच खाद्य त्यामुळे मिळाले.

तदनंतरच्या प्रयोगांमधून गल्व्हानीना आढळून आले की जीवन आणि वीज यांचे अंगभूत आणि अतूट नाते असून जीवमात्रातील साऱ्या हालचालींमागे विजेची प्रेरणा आहे आणि त्यामुळे व्होल्टाच्या सत्य कल्पनेशी एकमत होणे अशक्य झाले. मृत बेडकास गल्व्हानीनी तांब्याच्या व लोखंडी वस्तूनी स्पर्श करून आपली पक्की खात्री करून घेतली की वातावरणातून विजेचा पुरवठा झालेला नाही. पण मग व्होल्टाने सुचविल्याप्रमाणे ती लोखंड व तांबे यांच्यामध्ये उत्पन्न झाली की बेडकाच्या शरिरातून? जीवनाशी दृढमूल असणाऱ्या अशा या आविष्काराची निर्मिती अचेतन वस्तूंमध्येही पहावयास मिळते यावर विश्वास ठेवणे गल्व्हानीना केवळ अशक्य झाले.

त्यावेळच्या शास्त्रजगतास विजेची केवळ दोन उद्गमस्थाने ठाऊक होती घर्षणजन्य वीज आणि टारपेडो रे किंवा स्केट यासारखे विजेरी मासे. पण घर्षणामुळे धातूंमध्ये वीजनिर्मिती कधीच झाली नाही आणि त्यामुळे गल्व्हानींच्या मनातील पुसटसा संशयही नाहीसा झाला. प्राण्यांच्या शरिरामधूनच खरोखरी वीज निर्माण होते असे "दाखविण्यात" पुढे ते यशस्वी झाले. त्यामुळे त्यांच्या मनातील अखेरची शंकाही नाहीशी झाली.

त्यांचा प्रयोग अगदी साधा होता. एका बेडकाच्या पायातील मज्जा कापण्यात आली आणि आकड्याच्या (अर्धगोलाकाराच्या) स्वरूपात ती वळविण्यात आली. दुसऱ्या एका बेडकाच्या पायातील मज्जा स्नायूंसह कापण्यात आली आणि ती पहिल्या मज्जेच्या दोन्ही टोकाना स्पर्श करेल अशा प्रकारे तीवर ठेवण्यात आली. ज्या क्षणी दोन मज्जांचा संबंध येई तत्क्षणी स्नायू आखडत. "प्राणीजन्य" विजेचे अस्तित्व अशाप्रकारे प्रस्थापित झाले.

कित्येक प्रयोगशाळांमधून हा प्रयोग अनेकदा केला गेला. प्राणिशास्त्रज्ञ, भौतिकशास्त्रज्ञ, गणितज्ञ, शरीरवैज्ञानिक या सर्वानाच बेडकाने आकर्षित केले. पूर्वी, जीवशास्त्रीय प्रयोगांतील प्रमुख साधन असलेला हा बेडूक आता वैज्ञानिकांच्या हातातील विद्युतऊर्जेचे प्रमुख साधन तर बनलाच पण अत्यंत संवेदी असे सूक्ष्म मापनयंत्रही ठरला. या "बव्हांगी" उपकरणाच्या सहाय्याने "सजीव वीज" हाताळता आल्यामुळे भौतिकशास्त्रज्ञानीसुद्धा ती खरीच वाटू लागली. साहजिकच, दोन भिन्न धातंमध्ये निर्माण होणारी वीज (विद्युत चालक प्रेरणा) म्हणजे विरोधाभासाचा उत्कृष्ठ नमुनाच ठरला. पुढे व्होल्टाने जेव्हा चल-विद्युत घट तयार केला तेव्हा त्यास "कृत्रिम विद्युत यंत्र" असेच नाव त्याने दिले ते वरील समजुतीचा पगडा मोठा म्हणूनच.

विजेचा वापर व त्या संबंधीच्या ज्ञानाची प्रगती होत होती खरी पण ती तांत्रिक व औद्योगिक क्षेत्रातील मागणी होती म्हणून नव्हे. खास तांत्रिक क्षेत्रात विजेचा वापर करण्याबाबत प्रयोग चालू होते पण त्याकडे कोणाचेच लक्ष नव्हते. उदाहरणार्थ, सोविएत शास्त्रज्ञ बी. एस्. याकोबी यानी स्वतः तयार केलेल्या व एक अश्वशक्ती असलेल्या विद्युत मोटारीवर नेवा नदीत आपली नाव चालवून दाखविली पण हा प्रयत्न वीस वर्षे दुर्लक्षितच राहिला.

त्यानंतर मात्र, विद्युत-शरीरशास्त्रातील मर्यादित यशाच्या तुलनेने तांत्रिक क्षेत्रातील विजेच्या वापराची वेगाने प्रगती होत गेली. अर्थात विद्युतशरीरशास्त्रातील प्रायोगिकता चालूच होती. सुमारे शंभर वर्षांपूर्वी असे दाखविले

गेले की विजेची निर्मिती केवळ शरिराच्या बाह्य भागातील मज्जावाहकांमध्येच होत नाही तर मेंदूतही ती निर्माण होते. हे खरे की एवढ्या क्षीण विजेचे आकलन व अभ्यास करणे त्यावेळी शक्यच नव्हते. पण त्यामुळे शास्त्रज्ञ नाउमेद झाले नाहीत. सुप्रसिद्ध शरीरशास्त्रज्ञ एन्. ई. व्वेदेनस्की यानी बाह्य मज्जामार्फत प्रक्षेपित होणाऱ्या संदेशांच्या आकलनार्थ टेलिफोनचा वापर केला होता. तथापि, पुरेशी साधनसामग्री वा उपकरणे उपलब्ध होण्यास १९३० साल उजाडावे लागले. त्यानंतर मात्र विद्युतशरीरशास्त्रातील प्रगती अगदी घोडदौडीने चालू झाली.

धातूचे वाहक आणि मज्जा

या पृथ्वीतलावर राहणाऱ्या लक्षावधी प्राणीमात्राना निर्माण करण्यात आणि त्यांच्यामध्ये सतत बदल व सुधारणा करण्यात निसर्ग नामक योजनाकाराने जे अप्रतिम कौशल्य दाखविले आहे ते केवळ अजोड आहे! हे सारे करता करता मन थक्क व्हावे अशा कितीतरी क्लृप्त्या आणि शोध त्याने लावले आहेत. शास्त्रज्ञानी नवे शोध लावल्याचे आपण नित्य ऐकतो खरे पण त्यामागे जी तत्वे दडली आहेत त्यांचा निसर्गाकडून कधी ना कधीतरी वापर झाल्याचे हमखास आढळते. बहुधा एकाच बाबतीत निसर्गाचे लक्ष गेले नसावे. ते म्हणजे चाकाचा शोध. चाकाच्या शोधाचे जनकत्व मात्र मानवाकडेच निखालस जाते.

ही वस्तुस्थिती असल्यामुळे मानवी बुद्धिमत्तेतून साकार झालेल्या आणि समजण्यास साध्यासोप्या अशा कल्पना, निसर्गाच्या कल्पकतेतून निर्माण झालेल्या शोधांशी ताडून पाहण्याचा पायंडा पडला असल्यास त्यात नवल नाही. अशा तुलनेमुळे अनेक अंगभूत आविष्कार समजण्यास, डोळ्यापुढे साकार करण्यात शास्त्रज्ञाना मदतच होते.

गेल्या शतकात मानवी मेंदूबाबत जे ज्ञान प्रगत होत गेले, त्याची रचनात्मक उभारणी समजण्याच्या दिशेने जी प्रगती झाली त्याची तुलना वरील दृष्टिकोनातून सयुक्तिकच म्हटली पाहिजे. मेंदूतील मध्यवर्ती मज्जासंस्था आणि शहरातील दूरवाणीचे जाळे यांच्यातील साधर्म्याकडे लक्ष वेधणे क्रमप्राप्त होते. दूरवाणी केंद्राप्रमाणे मेंदूकडेही विविध इंद्रियांकडून माहितीचा

ओघ सतत चालू असतो आणि धातंच्या तारांमधून वाहणाऱ्या विद्युतप्रवाहाप्रमाणेच मज्जांमार्फत ही माहिती वाहून नेली जाते. मेंदूमध्ये संबंधित माहितीचे वर्गिकरण, निवड होऊन ती संबंधित व खास विभागांकडे पोहचविली जाते. तेथे विविध प्रक्रिया आणि "विचारविनिमय" होऊन अखेर निर्णय साकार होतो. क्षणार्धात तो सर्वत्र (बाह्य विभागातील केंद्रे, स्नायू, ग्रंथी व इतर इंद्रिये) कळवला जातो.

एकंदर साधर्म्य अधिकच उठून दिसते ते दूरवाणीच्या तारांमधून आणि मज्जातून विजेचेच वहन होते म्हणून. ही वस्तुस्थिती प्रथम गल्व्हानीनी दाखवून दिली. त्यानंतर झालेल्या शेकडो प्रयोगानी दाखवून दिले की कोणत्याही संवेदक इंद्रियातील उद्दीपनाचे संकेतन विद्युत-आघातात रूपांतर होते आणि ते मेंदूकडे पाठविले जातात. खुद्द मेंदूतही, त्याच्या विविध भागांतील देवाणघेवाणसुद्धा विद्युत-आघातांच्या स्वरूपात होत असते.

या नैसर्गिक दूरवाणी केंद्राची सूक्ष्म तपासणी करणाऱ्या अभियंत्यास एका बाबतीत कमालीचे आश्चर्य वाटेल व ते म्हणजे या विद्युत-आघातांचे कमालीच्या मंद गतीने होणारे वहन! सस्तन प्राण्यातील मज्जासंस्थेतील वहनवेग सेकंदास ०.५ ते १०० मीटर्स या मर्यादेत असतो.

आपल्या ध्यानात असेलच की विद्युतप्रवाह म्हणजे इलेक्ट्रॉनचा नियमित प्रवाह होय. आता इलेक्ट्रॉनचा वेग सेकंदास सुमारे एक मि. मी. एवढाच असला तरी त्यांच्या हालचालींमुळे जे विद्युतचंबकीय क्षेत्र निर्माण होते ते अगदी प्रकाशाच्या वेगाने प्रसारित होते. म्हणूनच, मॉस्कोहून दहा हजार कि. मी. अंतरावरील व्लादिवस्तोककडे जर विजेचे प्रक्षेपण केले तर तारेच्या दुसऱ्या टोकांकडील इलेक्ट्रॉन अवघ्या एक तिसांश सेकंदात गतिमान होतील!

आपला अभियंता आणखी एका कारणामुळे अधिकच गोंधळून जाईल, ते म्हणजे मज्जा-संभारातील प्रत्येक मज्जेच्या विद्युत-रोधाचे प्रचंड मूल्य! मोजमाप असे दर्शवते की एक मीटर लांबीच्या मज्जेचा विद्युत-रोध सोळा दशअब्ज कि. मी. लांबीच्या तांब्याच्या तारेएवढा भरतो! यावर थोडा वेळ विचार करून आपला अभियंता असाच निष्कर्ष काढेल की जर ठिकठिकाणी ऊर्जा-वर्धन केंद्रे स्थापन केली तरच असे केंद्र संदेश शेवटपर्यंत पाठवू शकेल, अन्यथा नाही.

हा त्याचा अंदाज खपसा अचूक ठरतो. उद्दीपनाचे किंवा संदेशांचे वहन

आकलकांतील किंवा मज्जा-केंद्रातील आतील ऊर्जेमुळे नसून मज्जेमार्फत निर्माण होणाऱ्या ऊर्जेमुळे होते.

ज्या तंतूंपासून मज्जा तयार झालेली असते ते मज्जापेशींपासून प्रवर्धित झालेल्या शाखांच्या स्वरूपात असतात. लांबीच्या मानाने त्यांचा व्यास (जाडी) अगदीच कमी म्हणजे केवळ ०.१ ते १० मायक्रॉनच्या मर्यादेत असतो. सस्तन प्राण्यातील मज्जा-तंत्र किंवा व्यवस्था दोन प्रकारच्या मज्जातंतूनी तयार झालेली असते. एका प्रकारचे मज्जातंतू अगदी बारीक व "उघडे" असून त्यावरील आवरण एवढे पातळ असते की सूक्ष्मदर्शक यंत्रातून सुद्धा ते दिसत नाहीत. दुसऱ्या प्रकारचे मज्जातंतू वसांवरणयुक्त अथवा मज्जावरणयुक्त असून त्यावर जाड असे मज्जांचे किंवा वसांचे आवरण असते.

या जाड आवरणाची जरूरी उघड आहे. अगदी घट्टपणे एकत्रित असणारे तंतू एकमेकांपासून वेगळे ठेवण्यासाठी निरोधक वेष्टन म्हणून त्याचा उपयोग होतो. एका मज्जातंतूतील विद्युत-आघात (किंवा संदेश) दुसऱ्या मज्जातंतूमध्ये जाण्यास त्यामुळे प्रतिरोध होतो. तसे नसते तर केवढा प्रचंड गोंधळ झाला असता याची कल्पनाच केलेली बरी.

तथापि, हे आवरण, विद्युततारांवरील आवरणाप्रमाणे संपूर्ण लांबीएवढे व सलग नसून ठिकठिकाणी खंडित का असते, याचे कारण शास्त्रज्ञाना कळले नाही. दर एक मि. मी. अंतरावर संकोच पावलेल्या गाठींनी या अस्तराची सलगता खंडित झालेली आढळते. ठिकठिकाणी तर गाठी घातलेली व गाठींमधल्या भागांवरच अस्तर चढविलेली जणू दोरीच! या गाठी "तंत्रिकापर्व संकोच" किंवा "रॅनव्हियरगाठी" म्हणून ओळखल्या जातात.

मज्जातंतूंवरील पातळ आवरणामधून काही पदार्थ आरपार जाऊ शकतात तर काही जाऊ शकत नाहीत. पोटॅशियम आणि हायड्रोजनचे अणायन ऊर्फ कॅटायन आवरणातून सहजगत्या जाऊ शकतात तर सोडियमच्या अणायनाच्या आणि इतर धनायनांच्या – ॲनियनांदृष्टीने हा थर म्हणजे अनुल्लंघनीय अडथळा ठरतो.

सर्वसाधारणपणे, आवरणाच्या ऊर्फ पटलाच्या कोणत्याच बाजूकडील आयनांचे प्रमाण समान नसते. तंतूच्या अंतर्भागात, सोडियम व क्लोरिनच्या आयनांचे प्रमाण, त्यांच्या उतिजलातील प्रमाणाच्या एक-दशांश, तर पोटॅशियमचे प्रमाण, त्याच्या बाह्य भागातील प्रमाणाच्या वीसपट कमी असते. साहजिकच, पोटॅशियमचे आयन, मज्जातंतूच्या बाहेर धाव घेतात आणि

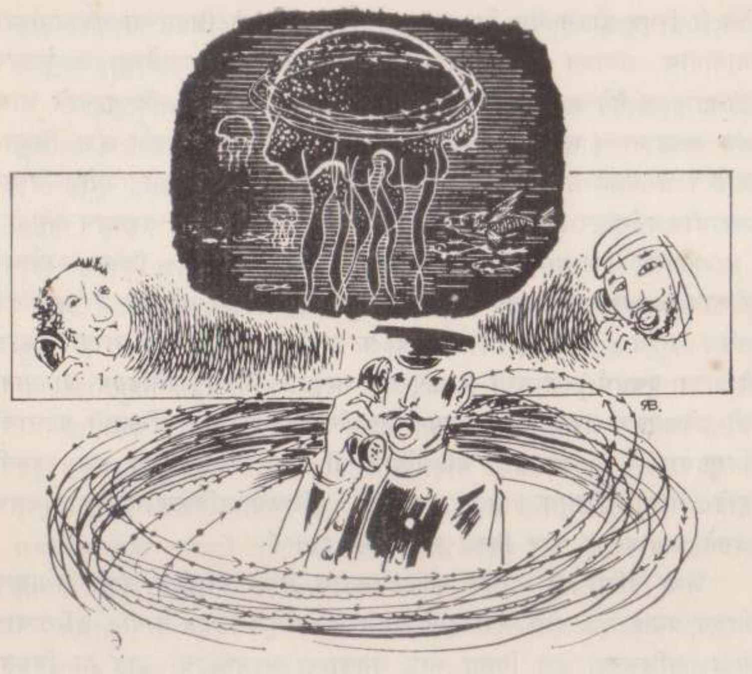
तेथे ते स्थिर होऊन धन विद्युतभार तयार होतो. पोटॅशियमच्या कॅटायनांच्या मागोमाग ॲनायन जाऊ शकत नाहीत त्यामुळे ते मज्जेच्या अंतर्पृष्ठवर साचतात व तेथे ऋण विद्युतभार निर्माण होतो. म्हणूनच, संदेशवहनाचे काम बंद असताना (म्हणजेच विश्राम-कालात) पटलाचा अंतर्भाग ऋण विद्युत-भारित व बाह्य भाग धन विद्युत भारित असतो. या दोन भारांमधील विश्रामकालीन वर्चसांतर (फरक) पन्नास ते सत्तर मिलिव्होल्टच्या दरम्यान असतो.

जोपर्यंत एखाद्या संदेश-प्रक्षेपणातून मज्जा पेशीत, किंवा मज्जेच्या टोकात अथवा मज्जा-तंतूत उद्दीपन निर्माण होत नाही तोपर्यंत हे वर्चसांतर तसेच राहते. पण उद्दीपन होताच पटलाची पायगम्यता (आरपार जाऊ देण्याचा गुणधर्म) तेवढ्या भागापुरती तात्काळ बदलते. सोडियम आयनाना तो प्रवेशसुलभ ठरतो व ते आयन अंतर्भागी घुसतातही. परिणामी पटलाची विद्युतभारस्थिती बदलते; बहिर्भागात ती ऋण व अंतर्भागी धन स्वरूपी होते. याचा परिणाम उतिजलावर होतो. नजिकचे उतिजल एकमेकासन्निद्यच असते, त्यावरील भार विरुद्ध स्वरूपाचा होतो.

अशी परिस्थिती अधिक काळ ठेवताच येणार नाही; दोन विभागात विद्युत प्रवाह सुरू होणे अपरिहार्य असते व त्यामुळे विद्युत-आघात अस्तित्वात येतो. नजिकच्या ऋण विद्युत भार असणाऱ्या मज्जातंतूचा भाग या विद्युत-प्रवाहामुळे उद्दीपीत होतो. याचा तात्काळ परिणाम म्हणजे पटल सोडियमला प्रवेशसुलभ होते आणि ते धन विद्युतभाराचे बनते. ह्या नव्याने उद्दीपीत झालेल्या मज्जा-भागात आणि पुढील भागात हाच आविष्कार घडून येतो. आणि ही प्रक्रिया पुढे चालू राहते. याप्रमाणे असंख्य वेळा पुनरावृत होणाऱ्या या प्रक्रियेच्या परिणामातून मज्जा-आघात, मज्जातंतूतून प्रक्षेपित केला जातो.

अत्यंत बारीक, मज्जावरण नसणाऱ्या तंतूमधून उद्दीपन प्रक्षेपित होण्याचा प्रकार वरील प्रमाणे असतो. अशा प्रकारे छोटे छोटे विद्युतप्रवाह मज्जावरणयुक्त तंतूंच्या भागात निर्माण होणे अशक्य असते आणि अशा आवरणवेष्टित मज्जांमध्ये ही प्रक्रिया केवळ रनव्हो गाठींमध्येच घडून येते, बहुधा या गाठी त्याच कामासाठी असाव्यात. मज्जावेष्ठित तंतूंमध्ये एका गाठीपासून दुसऱ्या गाठीपर्यंत उडी मारल्याप्रमाणे उद्दीपन प्रसारित होत राहते आणि ते बारीक मज्जातंतूंच्या मानाने फारच वेगवान असते.

धातूच्या वाहकातून वाहणारा विद्युत-प्रवाह म्हणजे इलेक्ट्रॉनची नियमित हालचाल असून तारेच्या संपूर्ण लांबीभर ती जणू एकाच वेळी निर्माण होते.



याउलट, मज्जेतील आघाताचे वहन म्हणजे उद्दीपनाची मज्जेमार्फत होणारी हालचाल असून त्यातून विद्युतप्रवाहाची निर्मिती होते आणि ह्या विद्युतप्रवाहामार्फत मज्जेच्या एका भागापासून दुसऱ्या भागापर्यंत उद्दीपन प्रसारित केले जाते.

उद्दीपन अशा प्रकारे पुढे नेले जाते ही वस्तुस्थिती, मज्जा-आघाताच्या प्रसरणातील दोन वैशिष्टचे लगेच स्पष्ट करते. एक तर मज्जा-आघात मज्जेमार्फत वाहून नेला जात असता कधीच नाहीसा होत नाही, तर सुरुवातीपासून अखेरपावेतो त्याची तीव्रता कायम राखली जाते. दुसरे असे की याना त्या मज्जेमार्फत वाहून नेले जाणारे आघात तंतोतंत जुळणारे असतात. ते मूळ आघाताची तीव्रता दाखवित नाहीत की मूळ स्वरूपही दर्शवित नाहीत तर, विशिष्ट मज्जा-तंतूचे गुणधर्मच त्यांचा चेहरामोहरा निश्चित करतात.

एका मनोरंजक प्रयोगाद्वारे हे एकदा प्रदर्शित केले गेले. जेलीफिश नामक समुद्रप्राण्याचा घुमटसदृश जो भाग असतो त्याच्या बाजूच्या भागात मज्जा-वलय असते. (प्रत्यक्षात त्याच्या मज्जा, आपल्या मज्जेच्या रचनेपेक्षा खूपच

भिन्न स्वरूपाच्या असतात, पण या ठिकाणी ते लक्षात घेण्याची जरूरी नाही.) मज्जेप्रमाणेच वलयाच्या दोन्ही बाजूनी आघात प्रसारित होतो. वलयाचा एखादा भाग उत्तेजित झाला, तर वलयाच्या दोन्ही दिशानी दोन आघात वाहून नेले जातात आणि घुमटाच्या विरुद्ध बाजूनी मिळताच एकमेकास नाहीसे करतात.

वलयाचा एखादा भाग उत्तेजित करण्यात आणि त्या नजिकच्या भागात अडथळा निर्माण करण्यात शास्त्रज्ञ यशस्वी झाले. परिणाम असा झाला की आघात एकाच दिशेने प्रसारित होऊ लागले. आघात आपली वलयाभोवती फेरी पूर्ण करून अडथळयापाशी आला असता अडथळा दूर करण्यात आला. त्यामुळे आघात पुढे गेला व फेरी पूर्ण करून नंतर दुसरी, तिसरी, चौथी याप्रमाणे फेऱ्या मारीत राहिला हा प्रयोग चोवीस तास चालू ठेवला गेला व या काळात आघाताच्या फेऱ्या चालूच राहिल्या. हे चालू असताना त्याच्या तीव्रतेत किंवा वेगात कोणताच फरक पडला नाही. प्राणी पूर्णपणे थकेपर्यंत किंवा मरेपर्यंत हा प्रयोग चालू ठेवता आला असता.

पाण्यातील विद्युत-ऊर्जा केंद्र

विजेचा प्रथम शोध लागल्यानंतर युरोपियनांमार्फत ती तांत्रिक क्षेत्रात वापरली जाईपर्यंत अडीच हजार वर्षे निघून गेली. विजेबद्दल काहीही माहिती नसूनही वैद्य लोक ती उपचारार्थ वापरीत होते. रोमन साम्राज्यातील क्लॉडियस गॅलेनसारखी तज्ज्ञ वैद्यमंडळी खोल समुद्रातील विजेरी माशाची वीज आपल्या रोग्यांवरील उपचारार्थ वापरत असल्याचा उल्लेख आढळला आहे.

भूमध्य व इतर समुद्रात स्केट किंवा टॉर्पेडो रे नामक मोठाले मासे आढळतात. आपले भक्ष्य पकडण्याची त्यांची खास पद्धत रोमन लोकाना ठाऊक होती. त्याना माहीत होते की भक्ष्य पकडण्यासाठी स्केट मासा त्यांचा पाठलाग करण्याच्या किंवा दबा धरून झडप घालण्याच्या फंदात कधीच पडत नाही. तो अगदी शांतपणे पाण्यात विहरत असतो. तथापि, एखादा छोटा मासा किंवा खेकडा अथवा ऑक्टोपस त्याच्या नजिक येताच, त्यांच्या बाबतीत एकाएकी काहीतरी भयंकर घडते आणि तो बेसावध प्राणी आचके देत

मरण पावतो! जणू काही घडलेच नाही अशा अविर्भावात स्केट त्यास उचलतो आणि संथपणे निघून जातो.

रोमन लोकांची अशी समजूत होती की आपले भक्ष्य पाहताच स्तेट मासा कोणतातरी विषारी पदार्थ पाण्यात सोडत असावा. या विषाचा माणसावर त्याच्या कातडीमार्फत परिणाम होत असला तरी तो धोकादायक नव्हता. तथापि, या स्केट माशाला स्पर्श झाला तर जणू जोरदार फटका बसल्याचे भासत असे आणि हात आपोआप मागे फेकला जाई. स्केटच्या विषात रोगपरिहारक असे उत्तम गुण असावेत असा रोमन लोकांचा विश्वास होता. म्हणूनच, मुद्दाम बांधलेल्या आणि समुद्रजल ठेवलेल्या तळ्यांमध्ये हे स्केट मासे पकडून ठेवले जात.

युरोपियन लोकाना मात्र कित्येक शतकांनंतरच या भल्या मोठ्या विद्युत-केंद्राची माहिती झाली. अमेरिकेचा शोध लागल्यानंतर तेथील सोन्याच्या अभिलाषेने निर्दय, मेहेनती व धाडसी लोकांचे थवेच्या थवे लोटले. नेमक्या या लोकांच्या नशिबीच विजेरी माशाचे फटके खाण्याचे होते.

अमेरिका काबीज करणाऱ्या पहिल्या स्पॅनिश जेत्यानी एलडोरॅडो या कल्पनातील श्रीमंत देशाची दंतकथा सर्वत्र प्रसृत केली. ही श्रीमंती किती तर तेथील रस्तेसुद्धा सोन्याने मढविल्याचे सांगण्यात आले. या कल्पित देशाचा शोध लावण्यासाठी जथ्यामागोमाग जथे पाठविण्यात आले. अशाच एका गटाचे नेतृत्व द सिका याजकडे होते आणि ॲमेझॉन नदीच्या अगदी वरच्या बाजूस पोहोचण्यात तो यशस्वी (की कम नशिबी!) ठरला. नदीतून प्रवास करताकरता उगमस्थानानजिक असलेल्या एका उथळ प्रवाहात त्यांच्या नावा शिरल्या आणि मग मात्र नावा पुढे जाणे अशक्य ठरले. जंगलातून पायीच पुढे जाण्याचे त्यानी ठरविले.

अत्यंत दाट वृक्षराजीने आणि वेलींच्या जाळ्यानी व्यापलेल्या त्या जंगलातून वाट अशी जात नव्हतीच. शिवाय प्रत्येक पावलागणित संकटांचा सतत धोका होता. भल्यामोठ्या सुसरी, विषारी सर्प आणि ठिकठिकाणी लपलेले अजगर तर टपून होतेच पण रेड इंडियन नामक आदिवासींच्या क्रूर टोळ्या त्यांच्यावर हल्ले करण्यास सतत दबा धरून बसल्या होत्या. जंगलातील सतत घोंघावणारे डास, रक्तशोषक पिसवा आणि जळवा यांच्या चाव्यांमुळे हिंवताप आणि इतर धोकादायक रोगराई नित्य सतावित होतीच. अक्षरशः प्रत्येक वाट मोकळी करूनच पुढे जाणे शक्य होते.

एके दिवशी या पथकाने जंगल ओलांडून नजीकच्या दलदली प्रदेशात प्रवेश केला. ते उन्हाळ्याचे दिवस होते आणि दलदल जवळजवळ कोरडी पडली होती. मार्गात एके ठिकाणी उथळ पाण्याचा भाग उन्हात चमकत होता. युरोपियनानी सुटकेचा निःश्वास टाकला आणि ते तळ्याच्या दिशेने निघाले.

तथापि, त्यांच्यासोबतच्या स्थानिक वाटाड्यानी तळे ओलांडण्यास साफ नकार दिला. एवढेच नव्हे तर कोणत्यातरी गूढ कारणाने ते भयभित झालेले दिसले. गोऱ्या लोकाना कळेना की एवढी कसली भीती त्याना वाटत आहे. तळ्यातील पाणी एवढे उथळ होते की त्यात सुसरी किंवा मोठाले सर्प लपून राहणे शक्यच नव्हते.

वाटाड्यांची भीती घालविण्यासाठी एक गोरा माणूस पुढे झाला. पण चारदोन पावले पुढे चालला असेल नसेल तोच जणू जोरदार फटका बसल्याप्रमाणे तो पाण्यात आडवा पडला आणि त्याने भयानक किंचाळी मारली! त्याला मदत करण्यासाठी दोघेजण पाण्यात शिरले पण त्याच अज्ञात शत्रूने त्यांच्या पायावर प्रहार केले नि ते पण चिखलात आडवे झाले.

काही तासांच्या प्रयत्नानंतरच पाण्यात जाऊन त्या घायाळ लोकाना बाहेर काढण्यात त्यांचे सहकारी यशस्वी झाले. ती तीन माणसे वाचली खरी पण साऱ्या जथ्यास पुढे जाणे अशक्य ठरले. घायाळ माणसांचे पाय लुळे पडले होते आणि त्यांची नेहमीप्रमाणे हालचाल सुरू होण्यास कित्येक दिवस जावे लागले. द सिकाच्या मनावर इतरांप्रमाणे पारंपारिक कल्पनांचा थोडाफार प्रभाव होताच, त्यामुळे व एकंदर अनुभवावरून त्याने परत फिरण्याचा निर्णय घेतला.

अशा तऱ्हेने युरोपियनाना गोड्या पाण्यातील विजेरी वांब या सर्पसदृश माशातील विद्युत-केंद्राचा अनुभव आला. हा एक मोठा मासा असून त्याची लांबी दीड ते दोन मीटर तर वजन १५ ते २० कि. ग्रॅं. पर्यंत भरते.

विजेरी वांब हा निशाचर प्राणी आहे. रात्र पडल्यानंतरच तो भक्ष्याची शिकार करतो. त्याचा विजेचा धक्का एवढा जबरदस्त असतो की मोठोले प्राणीसुद्धा बधीर होतात. दक्षिण अमेरिकेतील इंडियन जमातीना त्यांची चांगली माहिती असून त्यांचे वास्तव्य असणाऱ्या नद्यांतून जाण्याचा धोका ते कधीच पत्करत नाहीत.

एका इंडियन जमातीच्या बोलिभाषेत वांबला "आरिमा" असा शब्द

आहे. "हालचाल बंद पाडणारा" असाच त्याचा अर्थ होतो. या माशाचे मांस आणि त्याची वीज यामध्ये उत्कृष्ठ असे रोगपरिहारक गुणधर्म असावेत असा अनेक रेडइंडियन जमातींचा विश्वास होता. हे पाहता, विद्युत-उपचाराची पद्धती, युरोपपेक्षा अमेरिकेत कितीतरी अगोदर सुरू झाली असावी; पण निश्चित केव्हा ते सांगणे अशक्य आहे.

मासे वीज निर्माण करतात याचे आश्चर्य नाही. खरे आश्चर्य हे की आफ्रिकन शिगारी ऊर्फ कॅट-फिश, अमेरिकन वांब आणि टार्पेडो रे यासारखे मासे अत्यंत तीव्र विद्युत-उद्रेक निर्माण करतात.

शिगारी मासा ४०० व्होल्ट दाबाचा विद्युत प्रवाह निर्माण करतो तर वांब त्याहूनही जास्तच म्हणजे ६०० व्होल्टचा! घरगुती विजेचा दाब फक्त २२० व्होल्ट असतो हे या ठिकाणी लक्षात घ्या. वांबमधील विद्युत-केंद्राची क्षमता १००० वॅट्स एवढी उच्च असते. गोडे पाणी विद्युत-वहनाच्या बाबतीत निकृष्ठ दर्जाचे असल्यामुळे वांबला एवढ्या उच्च व्होल्टेजची जरूरी भासते. कमी दाबाचा विद्युतप्रवाह फक्त नजीकच्या परिसरापुरताच उपयोगी ठरतो. टॉर्पेडो रे हा समुद्रातील मासा असल्यामुळे अशा कमी दाबाच्या प्रवाहाने त्याचे भागते कारण समुद्रजल उत्तम विद्युत-वाहक असते. म्हणूनच त्यातील विजेचा दाब खूप कमी, म्हणजे ६० व्होल्ट पण वीजप्रवाह मात्र ६० अँपिअर एवढा उच्च असतो.

निसर्गाने या सजीव विद्युत-केंद्रांची उभारणी कशी बरे केली असावी? मूळ नमुना तयार करण्यासाठी त्याने कशाकशाचा उपयोग केला असेल?

एखाद्या सर्वसामान्य प्राण्याच्या शरिरात अत्यंत तीव्र असा विद्युतप्रवाह शरिरातील मोठ्या स्नायूंमार्फत निर्माण होतो. असे स्नायू हृदयात आणि हालचालींसाठी वापरलेले आढळतात. माशांच्या काही प्रकारात, ते पोहत असताना त्यांच्या सभोवती विद्युत-क्षेत्र तयार झालेले आढळते. सायक्लोस्टोमवर्गीय लाळ्या मासा (हॅगफिश) व लॅंप्रे माशांच्या भोवती विशेष विस्तृत विद्युत-क्षेत्र आढळते. काही प्राचीन व प्राथमिक अवस्थेतील माशांबाबतही तशीच वस्तुस्थिती असते. ऊर्जा काटकसरीने कशी वापरावी हे ते शेवटपर्यंत जणू शिकलेच नसावेत! लॅंप्रे माशाच्या डोक्याभोवती शेकडो मायक्रोव्होल्ट तीव्रतेचे विद्युत-आघात निर्माण होतात व त्यांची नोंद करता येते.

निसर्गाकडून या आविष्काराचा उपयोग केला गेला नसेल तर नवलच

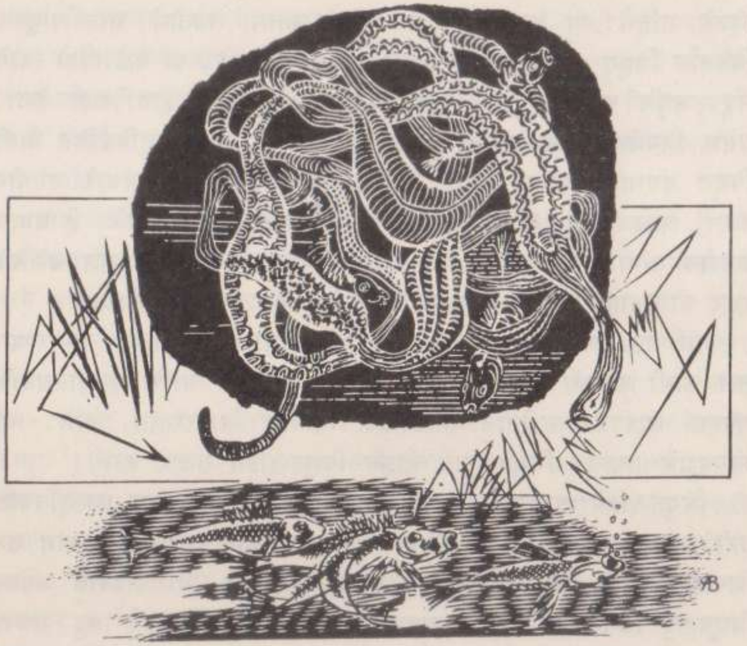
म्हटले पाहिजे. या ग्रहावर अगदी पहिला मासा अवतीर्ण झाल्यापासूनच निसर्गास विद्युत अभियांत्रिकीची गोडी लागलेली दिसते. या वेळेपावेतो त्याने मेंदू आणि बाह्य बाजूतील मज्जांचा प्राथमिक नमुना हातावेगळा केला. तसेच नियंत्रण दळणवळणाची इंद्रिये व त्यातील अत्यंत सुविकसित अशी विद्युत यंत्रणा प्रस्थापित केली. विजेचा आणखी कोणत्या प्रकारे उपयोग करणे शक्य आहे या प्रश्नाने आता त्याला भेडसावून सोडले. हे प्रयत्न अगदीच वाया गेले नाहीत हे मान्य करावयासच हवे. एवढे मात्र खरे की इतर कोणत्याही प्राण्यापेक्षा माशाची विजेशी फार जवळीक आढळते.

कालौघात तथाकथित विजेरी मासा शक्तीशाली विद्युत-केंद्र उभारण्याच्या कामी लागला. त्यासाठी स्नायू, मज्जांची टोके आणि चकती प्रमाणे चपट्या आकारातील त्यांचे शेवट ऊर्फ अंत्यपट्ट वापरण्यात आले. या अंत्यपट्टांचे रूपांतर विद्युत-पट्टात होऊन विद्युत-इंद्रिये तयार झाली.

विद्युत-इंद्रिये आकाराने मोठी असून माशाच्या वजनाच्या एक-तृतियांश तरी भरतात. वांबमधील विद्युत-इंद्रिय त्याच्या लांबीच्या चार-पंचमांश तर शिगारी माशाचे सर्व शरीरच त्याने व्यापलेले असते. या इंद्रियात असंख्य विद्युत-पट्ट स्तंभरूपात रचलेले असतात. प्रत्येक स्तंभातील सर्व पट्ट अथवा चकत्या एकसरी किंवा मालारूप पद्धतीने आणि सर्व स्तंभ अनेकसरी पद्धतीने जोडलेले असतात.

मज्जेमध्ये विद्युत-आघात निर्माण होऊन वीज बाहेर पडते म्हणजेच विद्युत-विसर्जन घडून येते. त्यामुळे सांगाड्यातील (सांगाडा उभारण्यासाठी वापरलेले) स्नायू आकुंचन पावतात. आघात जेव्हा स्नायूंतील उतीत असणाऱ्या मज्जेच्या टोकापाशी पोहोचतो त्यावेळी तेथे एक खास प्रकारचा मध्यस्त-द्रव स्त्रवतो आणि त्याच्या प्रभावामुळे स्नायू-पेशी आकुंचन पावते. या आकुंचनाबरोबरच वीजही बाहेर पडते. विद्युत-इंद्रिय घडवताना निसर्गाने या कामासाठी वर उल्लेखिलेले अंत्यपट्ट आणि काही फेरफार केलेल्या स्नायूपेशी वापरल्या. या दोहोतील आकुंचनाची प्रवृत्ती नंतर नाहीशी झाली पण विद्युत-आघात निर्माण करणारे जनित्र म्हणून पुढे ते काम करू लागले.

विद्युत-इंद्रियातील पट्टचा जे विद्युत-आघात निर्माण करतात त्यामागील यंत्रणा मज्जा किंवा स्नायू-तंतूतील यंत्रणेसारखीच असते. साधारणपणे १५० मिलिव्होल्टचा एकच आघात मज्जा किंवा स्नायुपेशीच्या बाबतीत नेहमीच आढळतो. तथापि, वांबमधील रचनेप्रमाणे या पट्टचा क्रमवार जोडलेल्या



असून त्या स्तंभरूपात एकत्रित असतात. प्रत्येक स्तंभ ६००० ते १०००० पट्टांचा मिळून तयार झालेला असतो. या रचनेमुळे एकूण दाब ६०० व्होल्ट एवढा उच्च असू शकतो. टॉर्पेडो रे या माशातील प्रत्येक स्तंभात हजाराहून जास्त विद्युत-पट्टचा नसतात पण स्तंभसंख्या २०० असून ते अनेकसरी पद्धतीने जोडलेले असतात. या माशातील विद्युतदाब खूप जास्त नसतो पण प्रवाह मात्र चांगलाच तीव्र असतो, याचे कारण वरील रचना लक्षात घेता उघड होईल.

अशा तऱ्हेच्या गुंतागुंतीच्या इंद्रियाचे सुनियंत्रण साधण्यासाठी खास प्रकारचे आज्ञा-केंद्र मेंदूत हवेच. त्यासाठी या विजेरी माशानी आपल्या मज्जेत विद्युत-खंड आणि अंडाकृती प्रकल किंवा केंद्रक निर्माण केले. अंडाकृती केंद्रक हे सर्वोच्च मुख्यालय असून विजेचे भयप्रद व अंतिम क्षणी वापरावयाचे तंत्र अंमलात आणावयाचे की नाही याचा तेथे निर्णय घेतला जातो. त्यानुसार विद्युत-खंडाकडे योग्य तो संदेश रवाना होतो. विद्युत-उत्सर्जनाचे सुसूत्रिकरण साधण्याची किचकट जबाबदारी या विद्युत-खंडांकडे सोपविलेली असते.

अर्थात, जास्तीत जास्त वीज-निर्मिती होण्यासाठी सर्व विद्युत-पट्टांमधून एकाच वेळी वीज निर्माण होणे जरूर असते व विद्युत-खंड त्याकडे लक्ष देतात.

एकाच क्षणी वीज निर्माण होण्यासाठी सर्व विद्युत-पट्टचाना संदेशसुद्धा एकाच वेळी मिळावयास हवा. हीच या यंत्रणेतील खरी मेख आहे. मज्जा-आघात तुलनात्मकदृष्टचा मंद गतीचे असतात. माशाच्या मज्जेत त्यांची गती सेकंदास तीस मीटर याप्रमाणे असते. विद्युत-इंद्रियानजीकच्या (डोक्या-जवळच्या) विद्युत-पट्टचाना मीटर-दीड मीटर दूर असलेल्या शेपटीतल्या पट्टांच्या मानाने पुष्कळ आधी संदेश पोहोचतात.

तर मग सर्वत्र एकाच वेळी संदेश मिळावा यासाठी विजेरी माशांमध्ये कोणती यंत्रणा असते? दोन प्रकारे ही व्यवस्था झाली असावी. मागील भागात उशिरा पोहोचणारे संदेश काही काळ आधीच दिले जात असावेत. किंवा, संदेशाचा मार्गक्रमणाचा वेग नियंत्रित करणे त्याना जमले असावे. मासा जसा वाढत जातो तसे त्याचे विद्युत-इंद्रियही मोठे होत जाते. मग नियंत्रणाचे स्वरूप बदलणे आणि संदेश-वहनात फेरफार करणे आवश्यकच ठरते.

स्थाननिर्देशक आणि दोलनलेखक

विद्युत-इंद्रिय असणारे वांब, टॉर्पेडो रे आणि शिगारी हे एवढेच मासे नव्हेत. सध्या आपणास अल्पशी वीज निर्माण करणाऱ्या माशांच्या तीनशे जाती ठाऊक आहेत. हे मासे ०.२ ते २ व्होल्ट दाबाची वीज निर्माण करतात. एके काळी शास्त्रज्ञांची अशी कल्पना होती की अगदी छोटे प्राणी मारण्यासाठीच या अल्पशा विजेचा वापर होत असावा. मात्र, काटेकोर निरिक्षणातून यास आधार मिळाला नाही. तर मग ही अत्यल्प वीज-निर्मिती कशासाठी असावी? याचा उलगडा अगदी अलिकडच्या काळतच झालेला आहे.

या माशातील विद्युत उपकरणाच्या विकासाची वाटचाल अकिधाधिक वीज-निर्मितीच्या दिशेने झाली नसून उच्च दर्जाची बियुत संवेदन क्षमता प्राप्त करण्याकडे झाली आहे. असे आढळून येते की या माशांच्या बऱ्याचशा जाती निशाचर असून अत्यंत गढूळ पाण्यात राहणाऱ्या आहेत. नाईल नदीत आढळणारे मॉर्मिरस मासे आणि इतर काही प्रकार हे भक्ष्य शोधण्याच्या निमित्ताने आपले डोके सतत चिखलात बुडवून

ठेवतात. अशा गढूळ पाण्यात रात्रीच्या वेळी शत्रूचा सुगावा लागणे कठीणच, तथापि, या विजेरी माशानी काळ्यामिट्ट रात्रीसुद्धा शत्रूचा सुगावा लागेल असे एक आश्चर्यजनक उपकरण विकसित केले आहे.

इतर माशांप्रमाणे मॉर्मिरसमध्ये विद्युत्ऊर्जा केंद्र तर असतेच पण विजेची संवेदना किंवा जाणीव करून देणारे एक अत्यंत नाजूक इंद्रियही आढळते. या माशातील विद्युत्ऊर्जा केंद्रामार्फत दर सेकंदास तीनशे वेळा या प्रमाणे विद्युत्उत्सर्जन होते आणि त्यामुळे त्याच्याभोवती मंदशा तीव्रतेचे विद्युत-क्षेत्रही तयार होते. या क्षेत्राच्या बलरेषा माशाच्या डोक्याच्या पातळीत केंद्राभिमुख झालेल्या असतात. इतर माशांप्रमाणे विजेरी मासे आपले शरीर वाकवित नाहीत, त्यामुळे विद्युतक्षेत्रासही धक्का पोहोचत नाही. पण जर का एखादा मोठा मासा नजीक आला तर मात्र हे क्षेत्र विस्कळित होते. सभोवतालच्या गोड्या पाण्यापेक्षा माशाचे शरीर उत्तम प्रकारे विद्युतवाहक असल्यामुळे क्षेत्राच्या बलरेषा नजीक येणाऱ्या माशाकडे वळतात. तत्क्षणीच मॉर्मिरसच्या शरिरातील वर उल्लेखिलेले नाजूक वीज-संवेदक उपकरण धोक्याची सूचना देते आणि मासा पळून जातो.

या वैशिष्ट्यपूर्ण शत्रू-स्थाननिदेशक उपकरणामुळे मॉर्मिरसला अपले संरक्षण तर करता येतेच पण वाटेत येणारे अडथळेही आधीच ध्यानात येतात. ज्या अडथळ्याना मासा धडकणे शक्य आहे ते बहुतेक सारे निकृष्ठ वीजवाहक असतात. अशांमुळे बलरेषांचे अपसरण होते आणि सजीव व निर्जिव अडथ-ळयांमधील वेगळेपणा माशाच्या ध्यानात येतो.

समुद्रातील आणि गोड्या पाण्यातील लँप रे मासे आपल्या स्थान-निदे-शकाचा वापर भक्ष्य शोधण्यासाठी करतात. विशेषत: गढूळ पाण्यात त्याचा फार उपयोग होतो. अमेरिकेच्या किनाऱ्यानजीक अटलांटिक समुद्रात राहणा-ऱ्या नाईफ-फिश नामक अगदी वैचित्र्यपूर्ण माशाचे स्थान-निदेशक उपकरण त्याच्या शेपटीवर असते. म्हणूनच, खडकातील भेगात आणि पाणवनस्पतीं-च्या दाटीत, उलट दिशेने सरकत तो आपली शेपटी खुपसून भक्ष्याचा शोध घेतो. अशा ठिकाणी शत्रू लपलपअसेल तर त्याचाही सुगावा लागतोच आणि मग हा मासा तेथून पलायन करतो.

जिम्नार्कस हा मॉर्मिरसचा नजीकचा जातभाई असून आपल्या भक्ष्याचा पाठलाग करण्यासाठी तो "रडार" ऊर्फ संवहन यंत्रणेचा वापर करतो. विजेच्या अस्तित्वाची जाणीव करून देणारे अत्यंत संवेदनक्षम आलोकक या

माशाच्या त्वचेत नसते तर त्याची "रडार-यंत्रणा" कधीच यशस्वी झाली नसती. जिम्नार्कस तर विजेतील अत्यंत सूक्ष्म फेरफार म्हणजे केवळ ०.००००००००००००००३ अँपिअरचा बदल जाणू शकतो! या संवेदनक्ष-मतेमुळे समोरचा पदार्थ म्हणजे नेहमीचाच गजन मासा आहे की कोळ्याने दाखवलेल्या आमिषात दडलेला मृत्युदायक आकडा आहे हे त्यास सहज कळून येते. अशा धोकादायक आमिषाकडे जिम्नार्कस कधी लक्ष देईल याची पुसटशीसुद्धा अपेक्षा न करणेच बरे!

अनेक मासे आणि उभयचर प्राणीसुद्धा विजेबाबत चांगलेच संवेदनशील असतात. संवेदना जाणणारे हे उपकरण त्यांच्या बाजूच्या कडेनजीक असते, तर टॉर्पेडो रे मध्ये त्यासाठी "लोरेंझिनीच्या कुंभिका" असतात.

सर्वसाधारण स्केट आणि जिम्नार्कसमध्ये त्यांची स्वत:ची अशी विद्युत-ऊर्जाकेंद्रे असतात, पण ती फार कमी शक्तीची असतात. या केंद्रांचा हेतू किंवा उपयोग कोणता यांची अद्यापीही काहीच माहिती नाही. तथापि, स्केट माशाच्या विद्युत-संवेदनाबाबत थोडीफार माहिती झाली आहे.

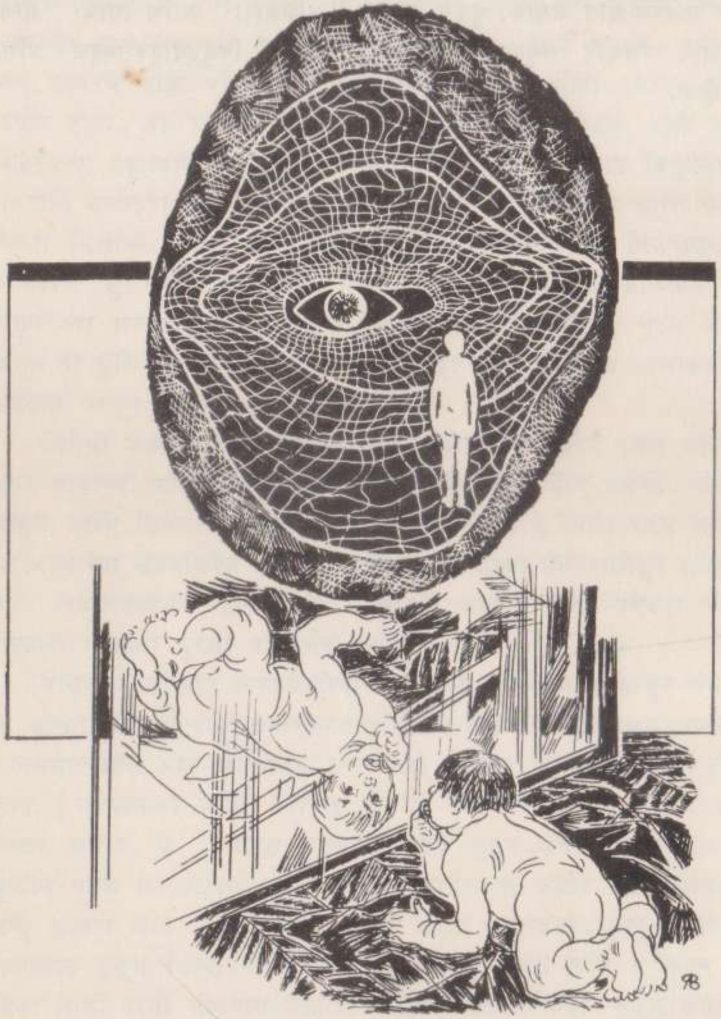
लोरेंझिनी या इटालियन संशोधकाच्या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या ह्या कुंभिकांचा शोध १६७७ मध्ये लागला. माशाच्या त्वचेत त्या भरपूर असतात. लोरेंझिनीचा असा समज होता की या कुंभिका एकप्रकारच्या म्यूकस ग्रंथी असाव्यात. तथापि, खुद्द कुभिकेतील कमी घनतेच्या द्रावाच्या तुलनेने ग्रंथी-वाहिनीतील पदार्थ मात्र घट्ट आणि जिलेटिनसदृश असतो. तेव्हा, त्वचेसाठी केवळ वंगण पुरविणे एवढेच या इंद्रियाचे काम नसून दुसरे कोणतेतरी कार्य होत असावे. लोरेंझिनीच्या मतास पुढील अडीचशे वर्षे धक्का लागला नाही. कारण, या इंद्रियाचा कोणी गंभीरपणे अभ्यासच केला नाही. गेल्या एकदोन शतकातील अभ्यासातून मात्र अखेर निष्पन्न झाले की लोरेंझिनीच्या कुंभिकां-मध्ये, अतिशय कमी तीव्रतेच्या विद्युतक्षेत्राची जाणीव होण्याएवढी अत्यंत उच्च दर्जाची संवेदनशीलता आहे. उदाहरणार्थ, थॉर्नबॅक मासा आपल्या शिखरिकेच्या हालचालीने, दर सें. मी. ला ०.१ मायक्रोव्होल्टचा उतार असणाऱ्या विद्युतक्षेत्राचा परिणाम जाणू शकतो. म्हणजेच, जिम्नार्कसपेक्षा तो तीनपट अधिक संवेदनशील ठरतो. तथापि ही काही उच्च मर्यादा नव्हे. अलिकडेच असे दृष्टोत्पत्तीस आले आहे की दर सें. मी. ला ०.०२ ते ०.०१ मायक्रोव्होल्ट एवढा कमी उतार असणाऱ्या विद्युतक्षेत्राची संवेदना थॉर्नबॅकला होऊ शकते.

ह्या शोधामुळे लोरेंझिनीच्या कुंभिकांची संरचना उलगडण्यास मदत झाली. प्रत्यक्ष त्वचेत आलोकक ठेवणे शक्य नाही. खुद्द त्वचा निकृष्ठ विद्युत-वाहक असल्यामुळे उच्च दर्जाची विद्युत-संवेदना साधणे शक्य होणार नव्हते. त्वचेच्या पृष्ठभागावरही आलोककाना स्थान देणे शक्य नव्हते. कारण, सर्व प्रकारचे बाह्य परिणाम त्यावर होण्याची भीती होती. यावर एकच उपाय होता, तो म्हणजे आलोककाना त्वचेत स्थान देऊन, एका खास वाहकाच्या सहाय्याने त्यांचा पृष्ठभागाशी संबंध जोडणे. उत्कृष्ठ विद्युतवाहक पदार्थाने भरलेल्या वाहिकेचे नेमके हेच कार्य असते. कुंभिकेच्या आणि वाहिकेच्या भित्तींमुळे, खुद्द माशाच्या स्नायूत निर्माण होणाऱ्या विजेपासून हे आलोकक सुरक्षित ठेवले जातात. कुंभिकेच्या अधःस्तरात आलोकक-पेशी असून त्या मज्जातंतूसहित असतात. पेशीच्या वरच्या भागात सूक्ष्म केसल असून तो कुंभिकेतून बाहेर पडलेला असतो. हा केसल म्हणजेच आलोककाचा संवेदना जाणून घेणारा भाग असतो.

विजेची जाणीव करून देणाऱ्या या आलोककांचा वापर करून थॉर्नबॅक इतर माशांच्या शरिरात निर्माण होणारी जैविक वीज जाणू शकतो. फसवे, मोहक आणि निर्भयतेने हिंडणारे लेप वाचालट मासे हे त्याचे भक्ष्य असते. या भक्ष्याच्या श्वसनक्रियेत अंतर्भूत असणाऱ्या स्नायूच्या हालचालीतून तालबद्ध असे विद्युत-उत्सर्जन होत राहते. त्याची जाणीव किंवा संवेदना वरील शिकारी माशाना पुरेशी मार्गदर्शक ठरते.

माशांच्या शरिरात निमार्ण होणाऱ्या विजेचे बदलते मूल्य जाणून घेणारी ही उपकरणे म्हणजे दोललेखकच ठरतात. पाण्याखालचे हे दोललेखक उपकरण मानसशास्त्रज्ञांस मोठे आव्हानच ठरले आहे. उथळ पाण्यातील स्कॉम्ब्रॉईड मासे (सर्वसामान्य फ्रिगेट्, स्पॅनिश मॅकॅरेल ऊर्फ बांग, हॉर्स मॅकॅरेल ऊर्फ काळा बांगडा, इ.) पोहत असताना त्यांचे सुसूत्र संचलन जर आपल्या दृष्टीस पडले तर आपण चकित व्हाल. मार्गक्रमण करता करता शेकडो, नव्हे हजारो मासे एकाच क्षणी आपली दिशा बदलतात, जणू सैन्याच्या पलटणीस हुकूम दिल्याप्रमाणे! या "हुकुमा"चा धनी कोण व कुठून तो दिला जातो याची आपणास काहीच माहिती झालेली नाही. हुकूम कसा व कोणत्या मार्गे प्रक्षेपित होतो हे एक गूढच आहे. शक्य आहे की क्षीणशा विद्युत-संदेशामुळे माशातील मनोव्यापार उत्तेजित, कार्यान्वित होत असावा. जैविक विजेचे प्रवाह सर्व स्नायूंमध्ये, मज्जांमध्ये आणि सर्वप्रथम अग्रक्रमाने

मेंदूत निर्माण होतात याची आपणास पूर्ण कल्पना आहे. मेंदूमार्फतच सर्व क्रियाशील इंद्रियाना हुकूम सोडले जातात. या हुकुमांचे माशाच्या शरिराबाहेर प्रक्षेपण होत असावे. हुकूम देणारा "अधिकारी" आणि त्याचे "सैन्य" यामध्ये असणारे समुद्रजल, आपल्या उत्कृष्ठ विद्युतवाहकतेबद्दल प्रसिद्ध आहेच.



प्रकरण ७

माहिती-सेवा

विविधोपयोयी शृंगिका

आपल्या मेंदूकडे, अनेक संपर्क मार्गांनी माहितीचा ओघ रात्रंदिवस सतत चालू असतो. ध्वनी-मज्जेत ३०,००० वाहक-तंतू असून प्रकाशीय मज्जेत अधिकच म्हणजे ९००,००० वाहक-तंतू आहेत. फक्त श्रवणेंद्रियाकडून दर सेकंदास दहा हजाराच्या पटीत अवगम कण (माहितीचे एकक) पाठविले जातात तर एका सेकंदात नेत्रेंद्रियाकडून ते दहा लाखाच्या पटीत धाडले जातात! मेंदूला त्या सर्वांचे निरूपयोगी किंवा कमी महत्त्वाचे आणि महत्त्वाचे असे वर्गीकरण करावे लागते. तसे करणे आवश्यक असते. कारण मानवी मेंदू सेकंदास ५० पेक्षा जास्त अवगम कणांची दखल घेऊ शकत नाही.

सकाळी जाग येण्यापूर्वीच मेंदू कामाला सुरुवात करतो. महत्त्वाची माहिती अखंडपणे मिळावी यासाठी आपली ग्राहक-उपकरणे त्यास सज्ज करावी लागतात. हे काम सोपे नसते. कारण, मानवी आणि प्राणी-शरिरात अनेक भिन्न स्वरूपाची ग्राहक-केंद्रे असून प्रत्येक केंद्र संकेतबद्ध केलेली विशिष्ठ माहितीच ग्रहण करू शकते.

जीवमात्रात दळणवळणाचे किती मार्ग असावेत? कोणकोणत्या प्रकारे त्यास माहिती मिळते?

माहिती गोळा करण्यासाठी जी ग्राहक-उपकरणे ऊर्फ आलोकक असतात त्यास आपण सामान्यतः ज्ञानेंद्रिये म्हणतो. शास्त्रज्ञाना प्रमुख वाटणारी पुढील सहा प्रकारची ज्ञानेंद्रिये लक्षात घेतली जातात: डोळे (नेत्रेंद्रिय); कान (श्रवणेंद्रिय); संतुलन ऊर्फ समतोलता; रूची; वास (घ्राणेंद्रिय) आणि त्वचेची संवेदनशीलता (स्पर्शेंद्रिय).

दुय्यम इंद्रिये तर कित्येक आहेत. उदाहरणार्थ, त्वचेमध्ये अनेक आलोकके असतात. काहींमार्फत ओझरत्या स्पर्शाची जाणीव होते तर काहींमार्फत तीव्र आघात वेदनेच्या रूपात जाणवतो. तिसरा प्रकार थंडीची जाणीव करून देतो आणि चौथा उष्णतेची. त्वचेतील आलोककांच्या भल्यामोठ्या यादीतील हे काही प्रकार होत.

शरिरांतर्गत इंद्रियांमध्येही विशिष्ट स्वरूपाचे अनेक आलोलक असतात. काहींमुळे पोटात जाणाऱ्या अन्नाचा दर्जा कळतो; इतर रक्तदाब मोजतात, तर आणखी काही रक्तात विरघळलेल्या कार्बन डायाक्सांईडचे प्रमाण तपासतात. हे सारे आलोकक कामात गढून गेलेले असतात खरे पण आपणास त्यांची मुळीसुद्धा जाणीव नसते. या अंतर्गत इंद्रियांमार्फत मेंदूकडे सतत माहिती पाठविली जाते पण आपल्या जागृत मनामार्फत तशी दखल घेतली जात नाही.

या ज्ञानेंद्रियांची संरचना आणि कामाचे स्वरूप कसे काय असावे याबद्दल शास्त्रज्ञाना नेहमीच उत्सुकता वाटली आहे. गेल्या काही वर्षात हे संशोधन विशेष प्रगत पावले कारण त्यास इलेक्ट्रॉनीक सूक्ष्मदर्शकाची जोड मिळाली. साध्या सूक्ष्मदर्शकातून वस्तू दहा ते पंधराशे पट मोठी दिसू शकते तर इलेक्ट्रॉनीक सूक्ष्म दर्शकातून २० हजार, ४० हजार, ६० हजार आणि अगदी १ लाख पट मोठी दिसू शकते. यामुळे शास्त्रज्ञाना कित्येक गुपिते उघडकीस आणण्यास मोठीच मदत झाली.

अगदी आचंबा वाटण्याजोगा एक शोध त्यानी असा लावला की पृथ्वीवरील साऱ्या प्राणीमात्रातील सर्व ज्ञानेंद्रियांच्या आलोकक-पेशी (विविध ऊर्जा इ. चे आघात जाणू शकणाऱ्या संवेदनशील पेशी) एकमेकींशी मिळत्या-जुळत्या आहेत. प्रत्येकीत एक हालचाल करू शकणारा केसल असतो. निरनिराळ्या आलोकक-पेशीतील हे केसलही अगदी एकसारखे असतात. प्रत्येक केसलामध्ये दोन मध्यवर्ती तंतुक असून ते चलनशील अशा तंतुकांच्या नऊ जोड्यानी वेढलेले असतात. केसलांची संरचना अगदी क्वचितच बदलते.

आपल्या घरातील रेडियोची अँटेना जे काम करते तेच काम आलोककपेशीतील केसल करतात. म्हणूनच त्याना आलोकक-अँटेना किंवा शृंगिका म्हटले जाते. या शृंगिकांमार्फत आपणास बाह्य जगताची जाणीव होते. उदाहरणार्थ, डोळ्यातील आलोकक-शृंगिका प्रकाशकणाना ऊर्फ फोटॉनना म्हणजेच प्रकाश-ऊर्जेस दाद देतात. घ्राणेंद्रियातील शृंगिका गंधयुक्त

अणूंतील ऊर्जेस दाद देतात आणि ध्वनिलहरींना श्रवणेंद्रियातील शृंगिका दाद देऊन ध्वनी-ऊर्जा जाणून घेतात.

शृंगिकांची संवेदनशिलता अत्यंत उच्च प्रतीची असते. प्रकाशाच्या अत्यंत लहान कणाची ऊर्फ एकाच फोटॉनची ऊर्जा, प्रकाशसंवेदी पेशीस उत्तेजित करण्यास पुरेशी असते. नाकाच्या आतल्या बाजूस जे श्लेष्मल आवरण असते त्यात गंधवाही पेशी असतात आणि संवेदनशीलतेत त्या तसूभरही मागे नसतात; गंधयुक्त पदार्थाच्या एक अणूचे अस्तित्व देखील त्या जाणू शकतात. ध्वनी जाणणाऱ्या पेशी उत्तेजित होण्यास कानाच्या पडद्याची केवळ ०.००००००००६ मिलिमिटरने मागेपुढे होणारी हालचाल पुरेशी आहे. सर्वात लहान अशा हायड्रोजनच्या अणूच्या एक-दशांश व्यासाएवढे हे अंतर आहे.

बाह्य जगतातील विविध आघात ग्रहण करण्यासाठी या शृंगिका सतत हालत असतात.

निरनिराळ्या इंद्रियातील संवेदनशील पेशींमध्ये जरी खूपसे साम्य असले तरी त्या संपूर्णपणे एकसारख्या मुळीच नसतात. उदाहरणार्थ, प्रकाश-संवेदी पेशींमध्ये एक खास जांभळे रंगद्रव्य असते आणि प्रकाशाची प्रक्रिया झाल्यास ते बदलू शकते. या प्रकाश-रासायनिक क्रियेमुळेच प्रकाशाची जाणीव होते. इतर ज्ञानेंद्रियांच्या पेशीत हे जांभळे रंगद्रव्य मुळीच नसते. त्याना कोणत्या द्रव्याच्या माध्यमातून जाणीव होते याची अद्यापि कल्पना नाही.

निरनिराळ्या संवेदनशील पेशींमध्ये जे साम्य आढळते त्याचे कारण स्पष्ट करणे अवघडच आहे. शक्य आहे की निसर्गाने तयार केलेला त्यांचा कच्चा आराखडा फारच परिपूर्ण आणि व्यवहारी ठरला असावा, आणि निरनिराळ्या ज्ञानेंद्रियांच्या उभारणीसाठी त्याचा एक प्रमाणित प्रतिकृती म्हणून सर्रास वापर झाला असावा.

गेली लाखो वर्षे या पृथ्वीवरील प्राणिजगत उत्क्रांतीची प्रदीर्घ वाट चालत आहे. बाह्य जगाची किंचितही जाणीव न होणाऱ्या एकपेशीय जीवापासून परिपूर्ण आणि अत्यंत संवेदनशील अशी ज्ञानेंद्रिये असणाऱ्या मानवापर्यंत ही वाट पोहोचली आहे. साहजिकच, एखाद्यास असे वाटेल की आजच्या मानवात आणि सूक्ष्मजीवात काहीच साम्य नसावे. पण तसे नाही. मानव आणि पक्षी; मासे आणि कीटक; मृदुकाय आणि इतर कोणतेही प्राणी यांच्या शृंगिकांची संरचना खूपच एकसारखी असून त्यांच्या सहाय्याने बाह्य परिसराचे त्याना ज्ञान होते.

अगदी एकपेशीय जीव (उदा. युग्लेन) सुद्धा चलनशील शृंगिकांचा वापर करतात. या शृंगिकांची सरचंना एवढी परिपूर्ण आहे की लक्षावधी वर्षे लोटली तरीही त्या टिकून राहिल्या आहेत! पृथ्वीवरील सजिवानी, अगदी जीवनारंभापासून ते आजतागायत आपल्या शृंगिका सुरक्षित ठेवल्या आहेत.

हे सारे कुठून आले?

आपल्या दृष्टीने, सहा मुख्य ज्ञानेंद्रियांपैकी तीन ज्ञानेंद्रिये फारच महत्त्वाची ठरतात. आपणास चव नाही कळली तरी अडचण भासणार नाही आणि वास कळला नाही तरी चिंता वाटणार नाही. स्पर्शाची जाणीव जरी झाली नाही तरी विशेष तोटा भासणार नाही. तथापि, दृष्टी. ऐकू येणे आणि संतुलन किंवा तोल सांभाळण्याची जाणीव यांच्या हानीने माणूस गंभीरपणे असमर्थ ठरेल. या तीन प्रमुख ज्ञानेंद्रियांच्या द्वारेच आपण या राहत्या जगाचे ज्ञान करून घेतो. माणसाची प्रमुख ज्ञानेंद्रिये आणि प्राण्यातील ज्ञानदायक प्रमुख पद्धती या नेहमीच मिळत्याजुळत्या आढळतील असे नाही. प्राणीजगातील कित्येकांची दृष्टी अगदी अधु असते तर काही पूर्णपणे आंधळे असतात. इतर काही ठार बहिरे किंवा फारच कमी ऐकू येणारे असतात. तरी सुद्धा आपला जीवनक्रम ते सुरळितपणे कंठतात.

संतुलनाच्या ऊर्फ तोल सांभाळण्याच्या इंद्रियाचा विचार करता ती एक अत्यंत महत्त्वाची पृथक्करणात्मक पद्धती असून बहुधा सर्व बहुपेशीय प्राण्यात आढळते. अगदी एकपेशीय जीवांमध्येसुद्धा विकसित प्राण्याच्या संतुलन-इंद्रियाशी दूरचे नाते सांगणारी काही रचना प्राणीशास्त्रज्ञाना आढळली आहे. परोपजीवी एकपेशीय जीवांमध्येसुद्धा असे साधन आहे. त्याच्या परिघाभोवती रीक्तीका ही एक लहानशी थैली असून तिच्यामध्ये काही स्फटिकमय पदार्थ असतो. काही अनेकपेशीय प्राण्यांतील संतुलन साधणाऱ्या इंद्रियाशी तिचे साम्य आढळते. ही रीक्तीकासुद्धा हेच कार्य पार पाडते असे जर उद्या निष्पन्न झाले तर नवल वाटणार नाही. या पृथ्वीवर अशी अनेक स्थळे आहेत जेथे दाट काळोखाचेच नेहमी साम्राज्य आहे किंवा जेथे कधी आवाजही पोहोचत नाही; पण पृथ्वीचे गुरूत्वाकर्षण मात्र सर्वव्यापी असून ते कोठेच चुकविता येणार नाही.

जीवनाचा उद्‌गम होण्यास प्रकाशाची फार महत्त्वपूर्ण मदत झाली असावी असे मानण्यास खूप आधार आहे. काही असले तरी अगदी अविकसित प्राण्यांतही प्रकाशसंवेदना असावी व याच कारणामुळे नेत्रेंद्रियासारखे खास इंद्रिय लागलीच अस्तित्वात येण्यास मदत झाली. अगदी समकालीन आणि एकपेशीय कशाभिकाही प्रकाश जाणू शकतात. एकपेशीय प्राण्यांचे (विशेषतः पेरिडिना, जे प्रकाश निर्माण करू शकतात) डोळे काहीसे मोठ्या आकाराचे असतात. हे डोळे म्हणजे लालसर, चरबीसदृश आणि प्रकाश-संवेदी रंगद्रव्याचा संचय असून त्यांचा आकार फुगीर भांड्याप्रमाणे असतो. या रंगद्रव्यात पिष्ठमय पदार्थाचा पारदर्शक कण असून प्रकाशाचे वक्रिभवन व केंद्रिकरण करण्यासाठी त्याचा वापर होतो. पेरिडिनाच्या पुढील भागात आणि कशाभिकाच्या तळाशी त्यांचे डोळे आढळतात.

माणसाला अत्यंत जरूरीच्या अशा तीन ज्ञानेंद्रियांपैकी नेत्रेंद्रिय आणि संतुलन-इंद्रिय ही सर्वात प्राचीन होत. सामान्यतः ही इंद्रिये जरी भिन्न-स्वरूपी असली तरी त्यांच्यातील एक वैशिष्ट्य मोठे मनोरंजक आहे. उत्क्रांतीच्या आणि परिपूर्णता साधण्याच्या प्रक्रियेत दृष्टीच्या आणि संतुलनाच्या इंद्रियात खूपच फेरफार झाले तरी त्यांची एकूण संरचना आणि विशिष्ट कार्य अबाधित व जुळते राहिले. पण निरनिराळ्या प्राण्यांतील ध्वनी-पृथक्करण करणाऱ्या आणि जाणणाऱ्या आलोककांच्या तुलनेने ती फारच भिन्न स्वरूपाची ठरतात. या फरकाचे कारण उघड आहे. दृष्टी आणि संतुलन-इंद्रियांची उभारणी एकाच सार्वव्यापी आणि सदैव क्रियाशील अशा घटकाच्या पायावर झाली आहे. गुरूत्वाकर्षणाच्या प्रभावाखाली संतुलनाची तर प्रकाशाच्या (म्हणजेच सूर्याच्या) प्रभावाखाली दृष्टीची निर्मिती झाली आहे. याउलट, सर्व पृथ्वीवर संयुक्त आणि प्रमाणित असे ध्वनी-साधन कधीच अस्तित्वात नव्हते आणि नाही.

जीवन अस्तित्वात आले तेव्हा या ग्रहावर सर्वत्र भयाण शांततेचेच साम्राज्य होते. अधूनमधून विजेचा कडकडाट आणि लाटांच्या गर्जनाच काय त्या ऐकावयास मिळत. पण प्राणीमात्राना या आवाजात मुळीसुद्धा स्वारस्य नव्हते. पुढे जेव्हा ते विकसित होऊ लागले, जमिनीवर हिंडुफिरू लागले आणि एकमेकांची शिकार करू लागले तेव्हा पृथ्वीवरील अस्पष्टशा आवाजातील फरक जाणून घेण्यास सुरुवात झाली. त्यांची उत्पत्ती जैविक म्हणजे सजीवांमार्फतच होती, यामुळे ध्वनी-पृथक्करणाच्या आणि ध्वनीसंकेताच्या

पद्धती अस्तित्वात येण्यास आणि त्यांचा विकास होण्यास चालना मिळाली.

अगदी अस्पष्टशा आवाजापासून ते सिंहगर्जनासारख्या, तसेच सप्तसुरातील विविध स्वरांचा वेध घेण्यासाठी नानाविध आणि भिन्न भिन्न आलोकक-साधने विकसित करणे जरूर होते.

वटवाघळांच्या काही जाती अतिशय उच्च कोटीचे, म्हणजे ३०० किलो-आवर्तनाचे सप्तस्वर तर ऐकू शकतातच पण त्याना अति अस्पष्ट आवाजांचेही आकलन होते. त्यांच्या श्रवणेंद्रियाची मर्यादा पंधरा अष्टकांपर्यंत असते. वटवाघुळे ज्या निशाचर टोळ, पाकोळया, पतंगादी प्राण्यांवर जगतात त्याना एवढचा विस्तृत ध्वनीसंवेदनाची मुळीच गरज नसते. त्यांच्या पंखांखाली असणाऱ्या श्रवणेंद्रियास (मध्यकर्णेद्रियास) वटवाघुळाकडून प्रसारित होणारे श्राव्यातीत ध्वनीसंकेत टिपता आले म्हणजे झाले. या मर्यादित कामामुळे या इंद्रियाची रचना अगदी साधीच असते. त्यामध्ये एक पटल (पडदा), हवेच्या थैल्या आणि दोन संवेदनशील मज्जापेशी असतात. उडणाऱ्या वटवाघळाचा आवाज टिपणे आणि धोक्याचा संदेश देणे एवढेच त्यांचे काम. तसा आज्ञावजा संदेश मिळताच पतंग चट्दिशी दिशा बदलतो आणि शत्रूचा धोका टाळतो.

प्रकाश-विश्लेषण करणारे साधन सूर्यप्रकाशाच्या प्रभावाखाली विकसित झाल्यामुळे ते गुंतागुंतीचे असण्याची जरूरी नव्हती. अनेक प्राण्यांचे डोळे तीन अष्टकांपेक्षा जास्त प्रकाशस्रोत जाणू शकत नाहीत. प्रकाश-संवेदना अशा प्रकारे श्रवण-संवेदनाच्या फक्त एक-पंचमांश भरते.

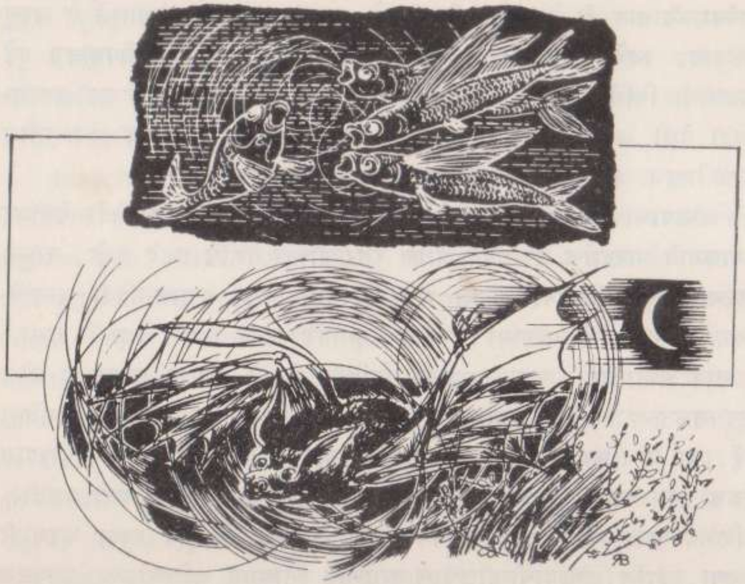
प्रकाशाची मुळीच संवेदना न होणारे फारच थोडे प्राणी या पृथ्वीतलावर असावेत. अगदी नेत्रहीन आदीजीवसुद्धा उजेड आणि काळोख यातील फरक जाणू शकतात. प्रकाशाची संवेदना ही प्रकाशामुळे घडून येणाऱ्या काही रासायनिक प्रक्रियावर आधारित आहे व त्यामुळे वेगाने घडून येणारी आहे. बहुपेशीय जीवाच्या कोणत्याही पेशीतील प्रकल प्रकाश-संवेदी असतो, त्यासाठी अगदी डोळयांचीच जरूरी नसते.

पेशीपेशींमध्ये कमी जास्त प्रमाणात प्रकाश-संवेदना असते व ज्या पेशींमध्ये ती अधिक, त्या पेशीना नेत्रेंद्रियाचे पूर्वज म्हणता येईल. आजही अशा पेशी शरिरात असणारे प्राणी अस्तित्वात आहेत. त्यापैकी नित्य परिचयाचे उदाहरण म्हणजे गांडूळ हे होय. त्याला डोळे नसतात पण त्याच्या त्वचेत अनेक प्रकाश-संवेदीपेशी असून तेवढचावर तो खुष असतो. त्यामुळे, माणसाच्या ध्यानात ही येणार नाहीत एवढे क्षुल्लक बदल या पेशींमुळे ते जाणू शकतात. त्वचेत सर्वत्र पसरलेल्या अशा प्रकाश-संवेदी पेशींपासूनच पुढे डोळयाची निर्मिती झाली. सुरुवातीला, एकाच ठिकाणी साचलेल्या प्रकाश-संवेदी पेशी असे त्याचे स्वरूप होते. असे डोळे प्रकाश आणि अंधारातील फरक सहज ओळखत, पण दिशा मात्र जाणता येत नसे.

डोळयाचा विकास मग पुढीलप्रमाणे होत गेला. प्रकाश-संवेदी पेशींवर क्रमाक्रमाने पारदर्शक अच्छादन आणि रंगद्रव्यांच्या पेशींचे पडदे आले. यामुळे डोळयात सर्व दिशानी प्रकाश येणे बंद झाले. या प्रकाश-संवेदी जागांचे नंतर खड्डयात – एकसारख्या थैल्यात – रूपांतर झाले आणि त्या "डोळा" हे नाव देण्याजोग्या बनल्या. एका विशिष्ट दिशेने येणारा प्रकाश हे डोळे टिपू शकत व त्यायोगे प्रकाश किरण कोणत्या दिशेने येत आहेत ते ठरविता येई. या प्राथमिक डोळयांचे विकसित प्राण्यांच्या डोळयात रूपांतर होण्यास एकच टप्पा बाकी होता. त्यामध्ये, प्रकाशाचे वक्रिभवन साधणारी पद्धती; वक्रिभवनांकात फेरफार करून वेगवेगळया अंतरावरील दृष्ये स्पष्ट करणारी यंत्रणा, आणि डोळयाची हालचाल साधणारे स्नायूमय अक्षिचालक उपकरण यांचा समावेश होता. दृष्टीद्वारे आवश्यक ती सर्व माहिती मिळविणे मग शक्य होणार होते.

अपृष्ठवंशी प्राण्यांमध्ये शीर्षपादी मृदुकाय प्राण्यांचे डोळे सर्वोत्कृष्ठ ठरतात. विकसित पृष्ठवंशी प्राण्यांच्या तुलनेने त्यांचे डोळे मुळीसुद्धा कमी दर्जाचे नाहीत. अपृष्ठवंशी वर्गातील संधीपाद-शाखीय प्राण्यानी उत्क्रांतीचा वरचा टप्पा गाठला खरा पण कोणत्या तरी कारणाने त्याचे डोळे मात्र तेवढचा प्रमाणात विकसित झाले नाहीत. हे न्यून त्यांनी वेगळया प्रकारे भरून काढले. त्यांचे डोळे म्हणजे बाहेरच्या बाजूस पाया असलेले पिरॅमिड असून त्यावर कायटिनमय पदार्थाच्या स्फटिकमय भिंगाचे आच्छादन असते. एकेका डोळयात शेकडो, नव्हे, हजारो पिरॅमिड असून ते ऱ्हस्व दृष्टीचे असतात. त्यांच्या एकत्रित परिणामातून कीटक आणि कवचधारी प्राण्याना पदार्थाचे स्वरूप व आकार कळतो.

पृष्ठवंशी प्राण्यांतील डोळयांचा इतिहास वेगळया मार्गाने सुरू झालेला आढळतो. अनेक समुद्रांच्या किनाऱ्यावरील भागात लॅन्सेलेट नावाचे छोटे प्राणी राहतात. शस्त्रवैद्याच्या दुधारी व टोकदार सुरीप्रमाणे (लॅन्सेटप्रमाणे) त्यांचे स्वरूप असते. या लॅन्सेलेटचे नेंत्रेद्रिय म्हणजे त्याचा खुद्द मेंदू! या



लॅन्सेलेटचे शरीर पारदर्शक असून त्याच्या मज्जारज्जूभोवती प्रकाश-संदेशी पेशी असतात. या रचनेमुळे उजेड आणि अंधार यातील फरक तो जाणू शकतो. आणि जीवनक्रम कंठण्यास तेवढीच जरूरी असते.

सर्व पृष्ठवंशी प्राण्यांचे पूर्वज, लॅन्सेलेटप्रमाणेच मेंदूच्या मदतीने पहात होते. पण जेव्हा शरिराची पारदर्शकता नाहीशी झाली तेव्हा प्रकाश-संवेदी मज्जापेशीना मेंदूच्या बाहेर पडणे भाग झाले. सर्व पृष्ठवंशी प्राण्यातील डोळ्यांचा विकास अशा प्रकारे झाला. गर्भाची वाढ होत असता विशिष्ट टप्प्यात, त्याच्या मेंदूपासून दोन भाग वेगळे होतात आणि पुढे त्यांचे डोळ्यात रूपांतर होते. म्हणजे शेवटी आपले डोळे हे मेंदूचेच दोन भाग ठरतात.

या डोळयांचा पुढील विकास वर उल्लेखिल्याप्रमाणेच होत गेला. त्यांच्यात वक्रिभवनाची पद्धती उदयास आली, अक्षिचालक स्नायू आणि वेगवेगळ्या अंतरावरील दृष्ये सुस्पष्ट दाखविणारी यंत्रणा निर्माण झाली. डोळयांची संरचना अधिकाधिक परिपूर्ण होत गेली, एवढी की त्यायोगे अत्यंत गिच-मिडपणे खरडलेल्या अक्षरांचे जंगल तुडविणे आणि रंगछटेतील अतिसूक्ष्म फरक सहजगत्या जाणणे शक्य झाले. याच वेळी प्राण्यातील मेंदू सुद्धा अतिशय

गुंतागुंतीचा होत गेला. तसे पाहता, एखाद्या छायाचित्रकाप्रमाणेच डोळा म्हणजे केवळ प्रकाश गोळा करणारे साधन आहे. आपले प्रत्यक्ष "पाहणे" मेंदूमार्फत असते. डोळ्यातील लक्षावधी प्रकाश-संवेदी पेशींमार्फत मेंदूला जी माहिती मिळते त्या सर्वांचे एका दृष्यात एकत्रिकरण मेंदूच करतो. थोडक्यात, डोळे जी क्षणकालीन छायाचित्रे टिपतात त्यांचे प्रकटन मेंदूच्या प्रयोगशाळेत होते.

ध्वनीपृथक्करणाचे साधन असलेला कान उत्क्रांतीच्या ओघात काहीसा उशिराच अस्तित्वात आला. अविकसित अशा अपृष्ठवंशी प्राण्यात त्याचे अस्तित्व नाही. पृष्ठवंशियांमध्ये श्रवणेंद्रिय प्रथम मिळाले ते माशाना. संतुलन इंद्रियातील एका छोट्याशा भागापासून ते विकसित झाले. विकसित प्राण्यात तेच पुढे अंतःकर्णातील सर्पिल पोकळीत (कर्णशंबुकात) व ध्वनीबोधक सर्पिल उपकरणात (कोर्टी उपकरणात) रूपांतरित झाले. कोर्टी उपकरण अत्यंत विकसित स्वरूपातील असून श्रवणेंद्रियामध्ये त्याची नितांत आवश्यकता असते. त्यामध्ये ध्वनीबाबत अत्यंत संवेदनशील अशा पेशी असून त्या या उपकरणात शिरलेल्या ध्वनीमज्जेच्या टोकास असतात.

ध्वनीलहरींमुळे सभोवतालच्या माध्यमात (हवेत) जे जलद आणि सूक्ष्म दाब निर्माण होतात त्यांच्या आकलनार्थ कोर्टी उपकरणाची खास योजना आहे. ध्वनीलहरी दाब निर्माण करतात व त्यामुळे कर्णपटलाचे कंपन सुरू होते. ही कंपने अस्थिकांमार्फत अंतःकर्णातील द्रवपदार्थास मिळतात. अस्थि-कांपैकी रिकिबीचे हाड (जे अवघे १.२ मिलिग्रॅम वजनाचे असते) या द्रावावर दट्ट्याप्रमाणे कार्य करते आणि द्रवपदार्थ ध्वनीलहरींच्या दाबानुसार मागेपुढे होतो. द्रावाची ही हालचाल तलपत्र नामक अत्यंत पातळ पडद्याम-ध्ये कंपने निर्माण करते व त्यामार्फत कंपने कोर्टी उपकरणात पोहोचतात. त्यामुळे उपकरणातील ध्वनीमज्जेच्या पेशी उत्तेजित होतात व अखेर विद्युत-संदेशाच्या रूपात हे उद्दीपन मेंदूकडे पाठविले जाते.

कानाची संवेदनशीलता खरोखरीच विस्मयजनक आहे. ध्वनीमुळे निर्माण होणाऱ्या केवळ ०.०००१ बार दाबाचे आकलन माणसाच्या कानास होऊ शकते (बार हे दाबाचे एकक असून ते प्रती चौरस सेंटिमीटरवरील १ मे मेगॅडाईन दाब दर्शविते.) अशा दाबामुळे अंतःकर्णातील पडद्याची १/१००००००००००० सें. मी. ने हालचाल होते. हे अंतर, सर्वात लहान अशा हायड्रोजन अणूच्या व्यासाच्या एक-हजारांश भरते!

तथापि, ऐकण्याच्या बाबतीत माणसाने स्वतःस वरचढ समजण्याचे मुळीच कारण नाही. अनेक प्राणी वरील आवाजापेक्षाही क्षीण आवाज ऐकू शकतात. परंतु, माणूस हा अत्यंत आरडाओरड करणारा प्राणी असल्यामुळे वरीलपेक्षा जादा ऐकू न येणे हे त्याच्या फायद्याचेच ठरले आहे. याबाबतीत एक महत्त्वाची वस्तुस्थिती ही की तो इजा न पोहोचता २००० बारचे मोठे आवाज ऐकू शकतो, सहन करू शकतो! मोठ्या आवाजांमुळे वर्णहीन उंदरात व इतर अनेक प्राण्यात अचके निर्माण होतात आणि प्रसंगी त्यांचा मृत्यूही घडतो.

मोठमोठे आवाज जर मानवी कान ऐकू शकला तर मानवजातीवर कोणता प्रसंग उद्‌भवेल कोणास ठाऊक! तथापि, त्याचा एक फायदा निश्चितच होईल, तो म्हणजे रक्ताचा सडा पडणारी युद्धे टळतील. उघडच आहे की एवढे संवेदनशील कान असणारे सैनिक, शत्रूच्या गोळ्याना बळी पडण्याऐवजी स्वतःच्याच बंदुकीच्या आवाजानी मरतील. सैन्यातील तोफखाना विभागाची आज दिसणारी प्रगती कधीच झाली नसती.

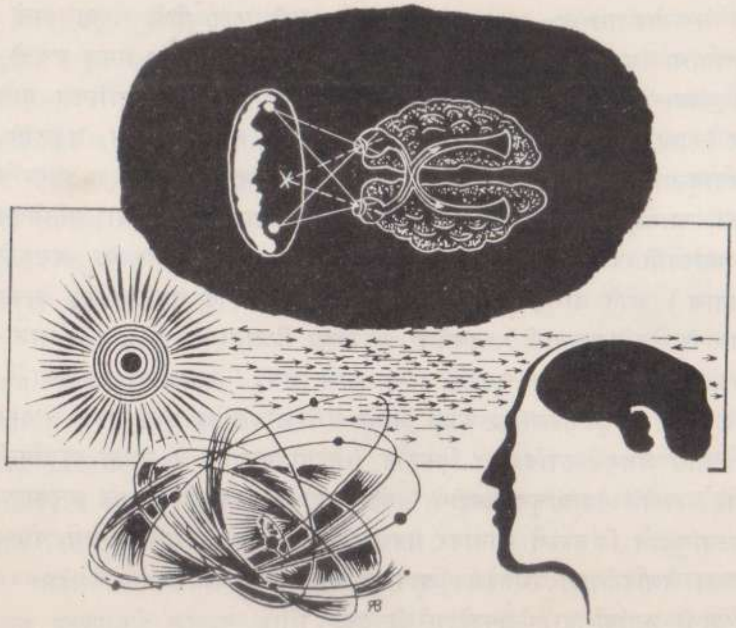
मोठाले आवाज माणसाच्या बाबतीत मृत्यूदायक नसले तरी ते कानावर सतत पडण्यामुळे कानास आणि मध्यवर्ती मज्जा-संस्थेस गंभीर इजा होणे अगदी शक्य असते. म्हणूनच ध्वनी-प्रदूषणाविरुद्ध मोहिमेचे सर्वांनी स्वागत करून तिला सक्रिय पाठिंबा दिला पाहिजे. शहरात या मोहिमेस हातभार लावणारे आपले जिवलग मित्र म्हणजे वृक्ष होत. निरनिराळ्या दाट, डेरेदार झाडांच्या पर्णराशी ध्वनी रोखण्यास किंवा ध्वनीलहरी विस्कळित करून त्यांची तीव्रता कमी करण्यात अव्वल दर्जाच्या ठरतात. म्हणूनच शहरात वृक्षारोपणाची मोहीम महत्त्वाची ठरते.

तीक्ष्णपणातच मानवी कान प्राण्यांपेक्षा कमी दर्जाचा आहे असे नाही. प्रथमतः हे लक्षात घेतले पाहिजे की आपणास फार मर्यादित व्याप्तीच्या ध्वनीलहरी ऐकणे शक्य असते. जेव्हा आवाजाची कंपता दर सेकंदास १६ ते १८ असते किंवा भौतिकी शास्त्राच्या भाषेत, जेव्हा प्रतिसेकंदास कंपता १६ ते १८ आवर्तनांची असते, तेव्हा असा आवाज आपणास अखंडपणे ऐकू येत नाही. याउलट, आवर्तनसंख्या जेव्हा सेकंदास २००० असते तेव्हा आवाज क्षीण होत जातो. ध्वनीलहरींच्या दाबातील एवढा गतिमान बदल जाणण्यास आपला कान असमर्थ ठरतो. मेंदूला त्यांची माहिती देण्याचे काम बंद पडते आणि सर्वत्र संपूर्ण शांतता पसरली आहे असेच वाटते.

दर सेकंदास २०,००० कंपने म्हणजे काही फार मोठी संख्या नव्हे. माणसाचा मित्र-कुत्रा दर सेकंदास ३८००० आवर्तनांचा आवाज समजू शकतो. ही संख्या सुद्धा मोठी ठरत नाही. कारण, देवमासे आणि डॉल्फिन मासे तर १००,०००-१२५,००० कंपनसंख्या असणारे आवाज जाणू शकतात. वटवाघुळांच्या बाबतीत ही मर्यादा ३००,००० पर्यंतची आहे. ज्या प्राण्यांचे कान श्राव्यातीत (म्हणजे माणसाच्या कानाबाबत ध्वनीच्या प्रतिसेकंद कंपनसंख्येची जी उच्च मर्यादा आहे त्यापेक्षा जास्त कंपनसंख्या असणारे आवाज) कंपने जाणू शकतात ते तसा आवाजपण काढू शकतात पण आपण मात्र ते ऐकू शकत नाही. म्हणूनच, आजच्या विज्ञानाच्या संदर्भात "माशासारखा मुका" ही म्हण चुकीची ठरते. मासे मात्र, "माणसासारखा मुका" असे जरूर म्हणू शकतात. काही असले तरी माणसाला एवढे उच्च आवाज ऐकण्यास असमर्थ ठरविण्यात निसर्गाने (नेहमीप्रमाणेच!) सूज्ञता दाखविली आहे. आपले त्यावाचून काहीच अडत नाही; भक्ष्याची शिकार करणाऱ्या वाटवाघुळाचे किंचाळणे कानावर पडणार नाही किंवा माशांचे बोलणे चोरून ऐकता येणार नाही, एवढेच. आपल्या बोलण्याप्रित्यर्थ, ५०० ते २०००० कंप्रतेची मर्यादा उत्तम प्रकारे पुरेशी ठरते.

माणूस आणि विकसित प्राणी हे द्विकर्णी असतात म्हणजे ते दोन्ही कानानी मिळून ऐकतात. यामुळे ध्वनीचे उद्‌गमस्थान जाणून घेण्यास फार महत्त्वपूर्ण मदत होते. ध्वनीलहरी हवेत सेकंदास ३४० मीटर या वेगाने पसरतात. सर्वसाधारणपणे दोन्ही कानात आवाज एकाच वेळी पोहोचत नाही. जर ऐकणाऱ्याने आपले तोंड ध्वनीच्या उद्‌गमस्थानाच्या दिशेकडे वळविले तरच आवाज दोन्ही कानाना एकाच वेळी ऐकावयास मिळेल. आवाज जेव्हा वेगवेगळ्या वेळी कानांशी पोहोचतो तेव्हा त्यात पडणारा ०.०००१ सेकंदाचा फरक माणूस जाणू शकतो.

विचार करा, की केवढा अल्पसा फरक मेंदू समजू शकतो! कोल्हा तर माणसापेक्षा अधिक बारकाव्याने ध्वनीचे उद्‌गमस्थान जाणू शकतो. त्याचे दोन्ही कान एकमेकांपासून फक्त दहाएक सें. मी. दूर असतात. म्हणजेच एका कानावर दुसऱ्या कानाच्या तुलनेने ०.००३ सेकंदाच्या फरकाने आवाज पडतो. प्रत्यक्षात याहीपेक्षा कमी फरक असू शकतो. ध्वनीचे उद्‌गमस्थान निश्चित करण्यास कोल्हा आपले तोंड इतपत वळवतो की दोन्ही कानाना अगदी एकाच वेळी ऐकणे शक्य होईल. ध्वनीकालातील मध्यंतर जाणून



घेण्यात आणि तो स्मरणात ठेवण्यात प्राणी अधिक तत्पर असतात. एखाद्या तालमापक उपकरणाचे ऊर्फ मेट्रोनोमचे मिनिटास पडणारे १०० ठोके आणि त्याचेच मिनिटातील ९८ ठोके यातील फरक कुत्रा सहज ओळखू शकतो. एखाद्या अत्यंत तरबेज आणि व्यावसायिक संगीतकाच्या कानास हे दोन ताल अगदी समान भासतात.

म्हणजे मानवी कान हा प्राण्यांच्या तुलनेने अनेक बाबतीत कनिष्ठ ठरतो. पण एका बाबतीत मात्र तो केवळ अजोड ठरतो. वेगाने बदलत्या ध्वनीचे पृथक्करण माणसाव्यतिरिक्त कोणताच प्राणी करू शकत नाही. तसे करण्याची आपल्याला जरूरी असते, कारण त्यावाचून बोलणेच अशक्य ठरले असते.

तृतिय नेत्र

डोळा हे अतिशय महत्त्वाचे ज्ञानेंद्रिय होय. कित्येक प्राण्याना निसर्गाने ते डझनावारी किंवा शेकडोनी बहाल केले असून त्यात आश्चर्य वाटण्याचे कारण नाही. जेवढा प्राणी अविकसित तेवढे जगण्यासाठी त्यास डोळे अधिक.

या उलट, जेवढा प्राणी विकसित म्हणजेच जेवढे त्याचे प्रकाश-संवेदी आकलन विकसित तेवढी डोळ्यांची संख्या कमी असणार. अगदी एकच डोळा असणारे प्राणीसुद्धा अस्तित्वात आहेत. समुद्रातील कोपपोडाह (Copepoda) हा एकाक्ष प्राणी याचे उदाहरण होय. त्याना सायक्लॉप (Cyclope) असेही म्हणतात. ग्रीक दंतकथांतील एका डोळ्याच्या राक्षसी प्राण्यांचे ते नाव आहे. पुढच्या भागी असणारा हा एकुलता एक डोळा कोपपोडाना पुरेसा असतो.

किती डोळे असणे योग्य ठरेल? हा प्रश्न वाटतो तेवढा सोपा नाही. एखाद्या प्राण्यास किती डोळे असावेत हे त्याच्या दर्जावर आणि जीवन जगण्याच्या पद्धतीवर अवलंबून आहे. आज अस्तित्वात असणाऱ्या काही प्राण्यांचे डोळे एकेकाळी उत्कृष्ट दर्जाचे होते खरे, पण पुढे पुढे ते काळोख्या जागात राहू लागल्यामुळे कालौघात नेत्रहीन झाले. खडकांच्या भेगात आणि गुहेत राहणाऱ्या मेक्सिकन फिश नामक माशाबाबत नेमके हेच घडले.

याबाबतीत निसर्गाने जे निर्णय घेतले त्यावर विसंबणेच अधिक योग्य ठरते. उत्क्रांतीच्या काळात, जीवन कलहात टिकून राहण्यासाठी प्रत्येकास जेवढ्या डोळ्यांची जरूरी होती तेवढे त्याना निसर्गाने बहाल केले. अत्यंत विकसित मेंदू आणि परिपूर्ण डोळे असणाऱ्या पृष्ठवंशी प्राण्यानी – त्यापैकीच एक अशा माणसानेसुद्धा – किती डोळ्यांची निवड केली तर ... तीन. हा आकडा नजर चुकीने लिहिला गेला असे मुळीच नाही हा आकडा खरोखरीच "तीन" आहे!

मासे, उभयचर, सरपटणारे प्राणी तसेच पक्षी व सस्तन प्राणी आणि आपल्यापैकी प्रत्येकासच तीनतीन डोळे आहेत. तथापि, तिसरा डोळा आहे हे बहुधा आपण विसरून जातो किंवा तो खरोखरीच अस्तित्वात आहे याची आपणास पुसटशीसुद्धा जाणीव होत नाही. याचे कारण असे की हा तिसरा डोळा मेंदूत खोलवर असून तो बाहेरून दिसत नाही. त्यास डोळा असे न म्हणता "तृतिय नेत्र ग्रंथी" असे म्हटले जाते. पृष्ठवंशियांच्या उत्क्रांतीत एकेकाळी खरोखरीच अस्तित्वात असणाऱ्या तिसऱ्या डोळ्याचे पुढे एका ग्रंथीत रूपांतर झाले.

हा गूढ डोळा मोठ्या आकाराचा मुळीच नाही. माणसातील या ग्रंथीचे वजन केवळ ०.१ ते ०.२ ग्रॅम भरते. एखाद्या सुसरीच्या किंवा कालौघात नाहीशा झालेल्या एखाद्या सरपटणाऱ्या राक्षसी प्राण्यातील ग्रंथीच्या मानाने

हे वजन काहीच नाही. अविकसित पृष्ठवंशीय प्राण्यातील हे इंद्रिय आणि डोळा यात अत्यल्प फरक आढळतो. त्याच्या बाहेरच्या बाजूने स्फटिकमय भिंग असून पारदर्शक अशा सांद्ररसाने (काचेसारख्या द्रावाने) अंतर्भाग भरलेला असतो. त्यास, प्रकाशसंवेदी पेशी असणारे पुरातन स्वरूपाचे दृकपटल तसेच वाहकपटल आणि सर्वसाधारण डोळ्यांप्रमाणे स्वतःची अशी मज्जाही असते.

सुमारे शंभर वर्षांपूर्वी शास्त्रज्ञाना जेव्हा या तृतिय नेत्राचा शोध लागला तेव्हा त्याना केवढे आश्चर्य वाटले असेल! त्याबाबत अनेक कल्पनारम्य विचार मांडले गेले. अशा कोणत्या कामासाठी मेंदूतील हा डोळा गुप्तहेरगिरी करत असेल? आपले स्वतःचे विचार आणि भावनाचा उद्रेक जाणून घेण्यासाठी तर या डोळ्याची योजना नसेल ना? अशा अनेक चमत्कृतिजन्य कल्पना प्रसृत केल्या गेल्या.

पुढे असे ध्यानात आले की सर्वच पृष्ठवंशियांमध्ये त्याचे अस्तित्व आहे, आणि मग या तिसऱ्या डोळ्याचे कार्य काय हा प्रश्न उलगडण्यास मदत झाली. अनेक पृष्ठवंशी प्राण्यात—उदाहरणार्थ बेडूक—डोक्याच्या वरच्या पण पुढील भागावरील कातडीखाली हा डोळा असतो. सरडयांध्येम तो अगदी त्वचेखालीच असला तरी त्यावर खवल्यांचे आवरण असते. दक्षिण अमेरिकेतील इग्वाना नामक मोठ्या आकारातील सरडयांमध्ये हे आवरण पारदर्शक असते, तर न्यूझीलँडमधील ट्वाटारा सरडयातील डोळ्यावर पातळ पारदर्शक पडदा असतो. उघडच आहे की तो पाहू शकतो!

या जादा डोळ्याचे काम काय असावे हे जाणण्यास शास्त्रज्ञ फार उत्सुक होते. प्रयोगांती असे सिद्ध झाले की प्रकाशाला तो दाद देतो आणि रंगही जाणतो. ही बाब क्षुल्लक समजण्याचे कारण नाही. कारण कित्येक प्राण्यांचे नेहमीचे दोन डोळे रंगांबाबत आंधळे असतात.

ट्वाटारा सरडा ही फार पुरातन जाती असून तो जणू जिवंत अवशेष आहे असे म्हणता येईल. भूतकालीन युगांमध्ये या पृथ्वीवर जेव्हा प्रचंड सरपटणारे प्राणी अस्तित्वात होते तेव्हा हे सरडेही होतेच आणि कालौघात त्यांच्यात बदल असा झालाच नाही. त्या अगदी प्राचीन काळात सर्व प्राणी आपल्या तिसऱ्या डोळ्याचा बहुधा नियमित वापर करीत असावेत हे मत आता सर्वमान्य झाले आहे.

नामशेष झालेल्या प्राण्यांचा अभ्यास करणाऱ्या जीवाश्मविज्ञान क्षेत्रातील

तज्ज्ञाना पूर्वीच्या सरपटणाऱ्या प्राण्यांच्या कवटीत एक भोक आढळले. ते का असावे याबाबत त्यानी मेंदूला खूप ताण दिला. आता ठाऊक झाले आहे की हे भोक म्हणजे तिसऱ्या डोळ्याची खोबणी आहे. बाजूच्या दोन डोळ्यांच्या मानाने थोडेसे ते लहान असते. एकूण, प्राचीन काळातील प्राणी आपल्या तीनही डोळ्यांचा पुरेपूर वापर करीत होते तर!

याप्रमाणे तिसऱ्या डोळ्याचे मूळ आणि त्याची प्राचीनकालची कामे तर स्पष्ट झाली. तरीसुद्धा, वर्तमानकालातील प्राण्यांमध्ये तो का असावा हे कोडे सुटत नव्हते. अनेक सरपटणारे प्राणी या डोळ्याने पाहू शकत नाहीत कारण त्यावर खवल्यांचे आच्छादन असते. जर तो अगदी निरूपयोगी असता तर, देवमाशाच्या मागील पंजात तो जतन केला गेला नसता. जे अवयव निरूपयोगी ठरतात ते कालौघात निश्चितपणे नाहीसे होतात. याची शास्त्रज्ञाना पूर्ण कल्पना आहे. तर मग आजतागायत हा तृतिय नेत्र टिकून आहे, याचा अर्थ तो काहीतरी विशिष्ट कार्य निश्चितच करीत असला पाहिजे असाच होत नाही काय? पण कोणते काम? त्यासाठी शास्त्रज्ञानी आपले संशोधन चालूच ठेसले.

त्याना लवकरच आढळून आले की अनियततापी किंवा "थंड" रक्ताचे प्राणी या डोळ्याचा तापमापक म्हणून उपयोग करतात. हे प्राणी आपल्या शरिराचे उष्णतामान कायम एकसारखे राखू शकत नाहीत. त्याचे नियंत्रण करण्यासाठी, स्वतःस गाडून घेणे व त्यायोगे दिवसा रणरणत्या उन्हापासून व रात्री गारठवणाऱ्या थंडीपासून दूर राहणे एवढेच काय ते त्यांच्या हातात असते. पण शरीर जर अगोदरच गरम किंवा थंड झाले तर मग आसरा घेण्यास फार उशीर झाला असे होईल. अशा वेळी ऊष्माघाताने किंवा थंडीने प्राणी मृत्युमुखी पडणे शक्य असते. तृतिय नेत्र सभोवतालच्या तपमानाची नोंद घेतो आणि उष्णतेचा किंवा थंडीचा दुष्परिणाम टाळण्यासाठी आसरा घेतलाच पाहिजे याबाबत योग्य वेळी सूचना देतो. उष्णतेच्या मार्गात प्राण्यांच्या कातडीचा मुळीच अडथळा नसतो.

मात्र, तृतिय नेत्राचे हे एवढेच काही काम नव्हे. उभयचर प्राण्यांमध्ये तो कातडीच्या रंगाचे सुद्धा नियमन करतो. एखादा भैकेर (अगदीलहान बेडूक) जर अर्धाएक तास अंधारात ठेवला तर त्याची त्वचा उजळरंगी बनते. पण तृतिय नेत्र काढून टाकलेला भैकेर अशा रंगबदलास असमर्थ ठरतो. आता सिद्ध झाले आहे की या तृतिय नेत्रामार्फत मेलॅटोनिक नामक

एक खास वितंचक निर्माण होते आणि त्यामुळे असा बदल घडून येतो. प्रकाश या वितंचकाच्या निर्मितीस प्रतिबंध करतो.

सस्तन प्राण्यांच्या कवटीमध्ये खूप खोलवर जरी हा तृतिय नेत्र लपलेला असला तरी बाहेर जे जे काही घडते त्याबाबत त्यास परिपूर्ण माहिती दिली जाते. तसेच, दिवस आहे की रात्र आहे याचीही त्यास जाणीव असते. सर्व "बातम्या" त्यास त्वरित मिळत असाव्यात. सस्तन प्राण्यांच्या तृतिय नेत्रात येणारी एकूलती एक मज्जा म्हणजे वरच्या मानेत मज्जापेशींची जी गुच्छिका असते तिच्या शाखा असतात. इतर कामांबरोबरच, डोळे विस्तारणाऱ्या स्नायूंचे नियंत्रणही तिच्याद्वारे होते. अंधारात डोळे विस्तारतात हे आपणा सर्वांना ठाऊक आहे. आलटून पालटून येणारे दिवस, रात्र आणि प्रकाशमानातील इतर बदल यामुळे तृतिय नेत्र – ग्रंथीच्या कार्यावर दुष्परिणाम होणे अगदी शक्य आहे. ज्या उंदराना दीर्घकाळ सतत प्रकाशात ठेवले गेले त्यांच्या या ग्रंथीचे वजन कमी झाल्याचे आढळून आले आहे. या उलट, अंधारातील दीर्घकालीन वास्तव्यामुळे या पूर्वापार चालत आलेल्या डोळ्यावर यत्किंचितही दुष्परिणाम झाला नाही.

त्वचेतील रंगबदलाचे आणि उष्णतेचे नियमन करणे एवढेच काही या तृतिय नेत्राचे काम नाही. संशोधनातून असे निष्पन्न झाले आहे की माणसाच्या तृतिय नेत्राचे खरोखरीच ग्रंथीत रूपांतर झाले, पण ही ग्रंथी फार असामान्य आहे. मेंदूच्या गोलार्धात (प्रमस्तिष्क गोलार्धात) अगणित असणाऱ्या अॅस्टोसाईट नामक पेशी या ग्रंथीखेरीज इतर कोणत्याही ग्रंथीत आढळत नाहीत. ग्रंथीच्या आणि मज्जेच्या पेशींचे हे दाट विणकाम कोणत्या हेतूने झाले असावे याचे ज्ञान झालेले नाही.

आज जगभरच्या अनेक प्रयोगशाळांमधून तृतियनेत्र ग्रंथीवर संशोधन चालू आहे. भैकेराच्या उदाहरणावरून असे दिसून येते की विकसित प्राण्यातही या ग्रंथीद्वारे वितंचकांची निर्मिती होत असावी आणि ही गोष्ट आता सिद्ध झाली आहे. जी वितंचके निर्मिली जातात ती मोठ्या प्रमाणात मेंदूतील विशिष्ठ भागावर परिणाम करतात. मेंदूचा हा भाग पाणी आणि क्षार द्रव्यांचे संतुलन राखणे; रक्ताचे घटक; पचनक्रिया; लैंगिक पक्वता; लैंगिक क्रियाशीलता याबाबतीत तर लक्ष ठेवतोच पण आपल्या साऱ्या मनोभावांच्या कार्यावरही त्याची बारीक नजर असते. हे त्याचे शेवटचे काम लक्षात घेता, तो आपल्या सर्व मानसिक क्रियांचे एकंदर स्वरूपच ठरवतो

असे म्हणावे लागेल. या संबंधित प्रयोगात असे दिसून आले की ज्या उंदरातील हा तिसरा डोळा काढून टाकण्यात आला आहे. ते जलद गतीने वाढतात आणि सर्वसामान्यांपेक्षा त्यांचे आकारमान मोठे असते. यौवनावस्थेत ते लवकर प्रवेश करतात आणि त्याना पिलेही अधिक वेळा होतात. तिसरा डोळा नसणाऱ्या पिलांबाबतही हाच अनुभव आला. ती वेगाने वाढतात आणि कोंबडीच्या बाबतीत बोलायचे तर ती अधिक अंडी घालते.

आजारपणामुळे किंवा इतर कारणांमुळे ज्या बालकांची तृतियनेत्र ग्रंथी बरोबर काम करेनाशी होते किंवा तिचे कार्य अजिबात खुंटते, ती बालके फारच लवकर लैंगिकदृष्टया परिपूर्णावस्थेस पोहोचतात, त्यांची जननेंद्रियेही वेगाने वाढून अतिशय मोठ्या आकाराची होतात. तथापि, तृतीयनेत्र ग्रंथीपासून तयार करण्यात आलेले औषधीद्रव्य जर नियमित दिले तर लैंगिक पक्वतेचा काळ लांबतो आणि जननेंद्रियांचा आकारही कमी होतो. शा प्राण्याना पिले उशिरा व कमी वेळा होतात आणि त्यांची लैंगिक क्रियाशीलता कमी होते.

सतत होत असलेल्या संशोधनातून कितीतरी चमत्कारिक माहिती प्राप्त झाली आहे. ही तृतीयनेत्र ग्रंथी रक्तातील साखरेचे नियमन करते असे आढळून आले आहे. हे काम ती पोषणग्रंथीमार्फत तरी करीत असावी किंवा सरळ स्वादुपिंडावर परिणाम करून साधत असावी. तृतीयनेत्र ग्रंथीचा अर्क प्राण्यांच्या शरिरात घातला तर प्राण्यांच्या चयापचय क्रियेत तीव्र बदल होतात. काही शास्त्रज्ञांचे असेही मत आहे की अधिवृक्क ग्रंथीच्या व अवटू ग्रंथीच्या कार्यावरही या तृतीयनेत्र ग्रंथीचा प्रभाव पडत असावा.

माणूस आणि इतर प्राण्यांवर केलेल्या संशोधनातून असे आढळून आले की अगदी जन्मापासून ते वार्धक्यापर्यंत तृतीयनेत्र ग्रंथीचे कार्य चालू असते. अर्थात वयोमानानुसार ते कमीअधिक जोमाने होत असावे. या ग्रंथीच्या पेशींमध्ये कॅल्शियम, मॅग्नेशियम, फॉस्फरस आणि लोहाचे जे कण आढळून येतात त्यावरून हा निष्कर्ष काढला गेला आहे. नवजात बालकाच्या मेंदूत मात्र ही चमत्कारिक "वाळू" मुळीसुद्धा आढळत नाही. पंधरा वर्षांखालील मुलांमध्ये ती क्वचितच आढळते, पण पुढे जसे जसे वय वाढत जाते तसे तसे या वाळूचे प्रमाण देखील वाढत जाते. डोळ्यात अगदी लहानसा कण जरी गेला तरी किती त्रास होतो याची साऱ्यानाच कल्पना आहे. मग या

ग्रंथीत चिमुटभर वाळू निर्माण झाली तर तिच्या कामात व्यत्यय येणे अगदी साहजिकच नव्हे का?

तृतीय नेत्राचा शोध लागल्यापासून आजतागायत त्याबाबत कितीतरी आश्चर्यकारक माहिती मिळाली आहे. आजही या डोळ्याची ऊर्फ ग्रंथीची सर्व कामे आपणास माहिती आहेत असे खात्रीपूर्वक म्हणता येणार नाही. संशोधन चालूच आहे व भविष्यकाळात या गूढ आणि पूर्णपणे न उलगडलेल्या ग्रंथीबाबत कोणकोणती आश्चर्यकारक माहिती उपलब्ध होईल ते आजच कसे सांगता येईल?

प्रकाशाचे अद्भूतरम्य जग

भौतिकशास्त्र हे फार प्राचीन शास्त्र होय. त्यातील पहिले प्रकाशीय उपकरण जो सपाट आरसा तो तर अगदी स्मृतीकालातीलच म्हणावा लागेल. एका प्रकाशशलाकेत रूपांतर करणारे किंवा प्रकाश सर्वत्र समान विखुरणारे फुगिर, गोलाकार भिंगखूप उशिरा अस्तित्वात आले. पहिले आरसे धातूंचे होते. पुढे काचेचा शोध लागला आणि मग प्रकाशविज्ञानाचा मार्ग खुला झाला. काच घासून तिचे भिंगात रूपांतर करण्याची कल्पना सुचेपर्यंत फार मोठा कालावधी जावा लागला.

बृहत्दर्शक भिंगाने त्या काळच्या अनेक अभ्यासू लोकाना आकर्षित केले. छोटया वस्तूंची अशा भिंगाने तपासणी करण्यात अनेकानी रस घेतला तर काही डोकेबाज लोकानी आपल्या टोपीवर किंवा शिरस्त्राणावर हे भिंग चढवून चष्म्यासारखा त्याचा वापर सुरू केला. सुरुवातीला अशा भिंगाना एखाद्या खेळण्यापेक्षा जास्त महत्त्व नव्हतेच. आजचे आधुनिक द्विनेत्री दूरदर्शक, तारे पाहण्याचे दूरदर्शक, सूक्ष्मदर्शक, छायाचित्रक यामध्ये भिंगांचा वापर होण्यासाठी खूपच प्रयत्न आणि संशोधन व्हावे लागले. मात्र या संशोधकाना आपण निसर्गाचीच नक्कल करीत आहोत याची पुसटशी सुद्धा शंका आली नाही. खरोखरच, मानवी नेत्र आजच्या छायाचित्रकापेक्षा किंवा दूरदर्शनाच्या छायाचित्रापेक्षा रतीभरसुद्धा कमी प्रतीचा नाही. त्यामध्ये प्रकाशकिरणांचे वक्रिभवन साधणाऱ्या आणि डोळ्यातील आतल्या पडद्यावर त्यांचे केंद्रीकरण करणाऱ्या एका खास साधनाची योजना असून डोळ्यात शिरणाऱ्या प्रकाशाचे नियंत्रण करणारा पडदाही असतो. प्रकाश-संवेदनशील

पेशी अर्थातच डोळ्यात असतात. या पेशीचे उद्दीपन प्रकाशीय मज्जातंतूंमार्फत कपाळामागील मेंदूच्या एका भागाकडे पोहोचविले जाते. या ठिकाणी संदेशांचे, एखाद्या दूरचित्रवाणीवरील चित्राप्रमाणे क्रमवीक्षण होऊन दृश्य-संवेदना आणि दृश्य प्रतिमा निर्माण होते.

एखादी वस्तू किंवा देखावा अगदी सुस्पष्ट दिसण्यासाठी त्याची प्रतिमा संवेदक यंत्रणेवर अगदी अचूकपणे केंद्रिभूत झाली पाहिजे. आजच्या आधुनिक छायाचित्रकात, त्याचे भिंग मागेपुढे करून ते साधले जाते. सुरुवातीच्या पृष्ठवंशी प्राण्यांमध्ये निसर्गाने याच तत्त्वाचा वापर केला. उभयचर माशाच्या डोळ्यातील वक्रिभवन साधणारे प्रमुख साधन स्फटिकरूप भिंग असते. प्रकाशीय अक्षावर हे भिंग हलविण्यासाठी खास गोलाकार स्नायूंची तरतूद केलेली असते.

सरपटणारे प्राणी, पक्षी आणि सस्तन प्राण्यांमध्ये वेगळी रचना असून आधुनिक तंत्रविज्ञानास तसे साधन अद्यापीही निर्मिता आलेले नाही. हे साधन वक्रतेत फेरफार करून पर्यायाने स्फटिकरूप भिंगाचा वक्रिभवनांकही बदलते व त्यायोगे प्रकाशाचे केंद्रिकरण साधले जाते. भिंगाभोवती जो वलयाकार स्नायू असतो त्यामार्फत हे काम केले जाते.

पक्षी आणि सरपटणारे प्राणी स्नायू आकुंचित करून त्याचा दाब भिंगावर आणतात. या दाबाखाली भिंगाचा आकार बदलतो, ते अधिक गोलाकार बनते. या उलट, सस्तन प्राण्यातील वलयाकार स्नायू भिंग ताणून ते अधिक सपाट बनवितात. जेव्हा स्नायू शिथिल होतात तेव्हा भिंगास मूळची वक्रता प्राप्त होते. भिंगाच्या पुढील भागाच्या वक्रतेवर ही क्रिया अधिककरून घडते आणि त्याची त्रिज्या सहा ते दहा मिलिमीटरच्या मर्यादेत बदलते. भिंगाच्या मागील पृष्ठाची त्रिज्या अर्ध्या मिलिमिटरपेक्षा अधिक कधीच बदलत नाही.

वक्रिभवन साधणारे उपकरण निसर्गाने जेव्हा सस्तन प्राण्यांच्या डोळ्यांसाठी योजिले तेव्हा त्याने एक गंभीर चूक केली. त्याला अशी शंका मुळीच आली नाही की सर्व प्राण्यांचा सर्वश्रेष्ठ प्रतिनिधी असणारा मानव पुढे सर्व प्रकारची लहानसहान अक्षरे शोधून काढेल आणि त्यांचा एकमेकांशी संपर्क साधण्यासाठी वापर करेल. याबाबतीत निसर्ग "ऱ्हस्व दृष्टीचा" अथवा "अदूरदर्शी" ठरला असेच म्हटले पाहिजे. पुढे मानवाला त्याचा त्रास होऊ लागला व यात निसर्गाचेच दोष आहे. वयोमानानुसार आपल्या भिंगाची लवचिकता कमी होत जाते. ते उत्तम प्रकारे ताणले जाते खरे, पण पूर्ववत्

आकार त्यास प्राप्त होत नाही. वयोमानानुसार माणसे दीर्घदृष्टीची होत जातात आणि मग चष्मा लावावा लागतो.

डोळयाच्या वक्रिभवनाची क्षमता ही मूलतः स्वच्छमंडळ (किंचित बाकदार, स्वच्छ, रंगहीन असा डोळयावरील पटल ऊर्फ "खिडकी") आणि त्यामागचे स्फटिकरूप भिंग यांच्या वक्रिभवन क्षमतेतून निर्माण होते. वक्रिभवनामुळे प्रतिमेचे दृक्पटलावर केंद्रिकरण होते. स्वच्छमंडलाचा आणि त्यामागील द्रावाचा वक्रिभवनांक जवळ जवळ पाण्याच्या वक्रिभवनांकाएवढाच असतो. म्हणूनच पाण्याखाली नेहमीप्रमाणे दिसणे अवघड जाते. डोळयापर्यंत पोहोचणारे किरण स्वच्छमंडलातून वक्रिभवन न होताच आत शिरतात आणि केवळ भिंग दृक्पटलावर (किंवा प्रकाशसंवेदनशील पेशींवर) केंद्रिकरण करू शकत नाही. लोक या वेळी एवढया दीर्घ दृष्टीचे बनतात की सारे काही त्याना फारच नजीक असल्याचे भासते, मग ते किती का दूर असेना. त्याना फक्त मोठाल्या वस्तु दिसतात पण अतिशय अस्पष्ट आणि धूसर. या उलट, शिरस्त्राण घातलेल्या पाणबुडयाना मात्र पाण्यात सर्व काही नेहमीप्रमाणेच दिसते कारण, डोळे व प्राणी यामध्ये शिरस्त्राणाची काच व हवा असल्याने त्यांचा प्रत्यक्ष संबंध येत नाही. साहजिकच, प्रकाशाचे केंद्रिकरण स्वच्छमंडल आणि भिंग या दोहोंमार्फत होते. या पाणबुडयास सर्व काही स्पष्ट दिसते खरे पण ते सारे एक-तृतीयांश पट मोठे. हे ध्यानात ठेवूनच पाणबुडयांच्या रोमहर्षक गप्पा ऐकणे बरे!

डोळयाची वक्रिभवनाची क्षमता केवळ स्वच्छमंडल आणि भिंगाच्या वक्रतेवर अवलंबून नसते. या दोहोंसाठी कोणते पदार्थ वापरले गेले आहेत त्यावरही ती अवलंबून असते. पाण्यात माशाचे स्वच्छमंडल, माणसापेक्षा काही अधिक चांगल्या प्रकारे कार्य करते असे मुळीच नाही. म्हणूनच, मासा या कामासाठी त्याचा उपयोग करण्याचा प्रयत्नसुद्धा करीत नाही. त्यांचे स्वच्छमंडल चांगले सपाट असते खरे पण चेंडूच्या आकारातील गोल भिंग सारी कमतरता भरून काढते. देवमाशाचे स्वच्छमंडल फुगीर आणि त्याचा वक्रिभवनांकही जास्त असतो. यामुळे केंद्रिकरणाच्या कामी भिंग आणि स्वच्छमंडल एकत्र भाग घेतात.

सभोवतालच्या परिसरास योग्य असेच डोळे प्राण्यांच्या प्रत्येक जातीने निवडले. ज्यांचा वावर पाण्यात आणि जमिनीवरही आहे अशा प्राण्यांसमोर मोठेच प्रश्नचिन्ह उभे राहिले. एकाच ठिकाणी उपयोगी पडणारी दृष्टी

निवडावयाची की डोळयांची रचना आमुलाग्र बदलावयाची या पेचात सापडले. मड् स्किपर ऊर्फ नेवटी माशांचे डोळे खास करून जमिनीवरील प्राण्यांप्रमाणे असतात. या लहानशा माशास तळयानजिकच्या झाडांवर चढण्याची भारी हौस असते व तो कित्येक तास पाण्याबाहेर घालवितो. पाण्यात त्यास काहीच दिसत नाही पण याचे सुखदुःख त्यास नसते. शिवाय, ज्या पाण्यात त्यास रहावयास आवडते ते पाणी एवढे गढूळ असते की त्यात दिसण्याचा प्रश्नच उद्भवत नाही.

व्हर्लिगिग (Whirligig beetle) हा भृंगवर्गातील कीटक स्वच्छ पाण्यात राहतो. डोळयाच्या निवडीबाबत तो फार काळ संभ्रमात पडला की काय कोण जाणे. अखेर निसर्गाने त्यास डोळयांच्या दोन जोडया बहाल केल्या, एक पाण्याखाली उपयोगी पडणारी व दुसरी जमिनीवर. मध्य आणि दक्षिण अमेरिकेतील तळयांमध्ये आढळणाऱ्या चार डोळयांच्या माशांबाबतही निसर्ग असाच उदार मनाचा ठरला. हा मासा कीटकांवर उदरनिर्वाह करतो. त्यासाठी मोठया चलाखीने पाण्याबाहेर उडी मारून उडत जाणाऱ्या कीटकाना तो पकडतो.

खरे पाहता, या चार डोळयांच्या माशाना नेहमीसारखे दोनच डोळे असतात. फरक एवढाच की डोळयातील बाहुल्या उभ्या दिशेने खेचल्या गेलेल्या असून एका खास पडद्याच्या सहाय्याने त्यांचे दोन भाग केलेले असतात. वरच्या डोळयातील किंवा भागातील पारदर्शक पदार्थ हवेत उपयोगी पडेल असे वक्रिभवन साधणारा तर खालच्या भागातील पाण्यात पाहण्याजोगे वक्रिभवन साधणारा असतो.

वेगवान प्राण्यांसाठी डोळे निवडणे ही निसर्गाची आणखीन् एक डोकेदुखी होती. करढोक पक्षास उंच हवेत विहरताना इतर पक्षांप्रमाणेच दीर्घ दृष्टीची गरज होती आणि पाण्यातील मासे टिपण्यास अगदी नजिकच्या अंतरावरूनही दिसणे आवश्यक होते. ही दोन्ही कार्ये साधण्यासाठी तो आपल्या भिंगांची वक्रता फारच विस्तृत मर्यादेत बदलू शकतो. अगदी तरुण माणसाच्या डोळयांची वक्रिभवन-क्षमता पंधरा डायॉप्टरपेक्षा अधिक नसते पण करढोक पक्षांमध्ये ती चाळीस ते पन्नास डायॉप्टर असते. (भिंगांचे अंशीकरण डायॉप्टर या एककामध्ये सांगितले जाते आणि मीटरमधील केंद्रांतराचा व्यस्तांक म्हणजे डायॉप्टर.) यामुळे करढोकास पाण्यातून

वेगाने पोहणारा मासाही स्पष्ट दिसतो आणि वर उंच आकाशात घिरट्या घालणारी घारही.

सील नामक प्राणी आणि समुद्रसर्प यांच्या बहुतेक जाती पाणी आणि जमीन या दोन्ही ठिकाणी उत्तम प्रकारे पाहू शकतात. पेन्ग्विन प्राणी मात्र पाण्याबाहेर फारच ऱ्हस्व दृष्टीचा ठरतो.

निरनिराळ्या प्राण्यांचे डोळे प्रकाशसंवेदनशीलतेच्या बाबतीत एकसारखे कधीच आढळत नाहीत. याचे कारण उघड आहे. केव्हा स्वच्छ प्रकाश पडतो तर केव्हा ढगाळ वातावरण असते. नेहमी काळोख्या रात्री घराबाहेर पडणाऱ्या प्राण्यांचे डोळे बहुधा मोठ्या आकाराचे आणि चांगले संवेदनशील असतात. अथवा, त्यांचे डोळे पूर्णपणे खराब तरी झालेले असतात त्याना दृष्टीशिवाय सारे व्यवहार करावे लागतात.

काही वेळा डोळे फारच मोठाले बनतात. खोल समुद्रातील मृत्यूकाय प्राण्यांचे डोळे वीस सेंटिमिटर व्यासापर्यंत असून लहान ॲम्फियॉडचे डोळे तर त्याच्या शरिराच्या एक-तृतीयांश लांबीचे भरतात. खोल समुद्रातील माशांचे आणि मृदुकाय प्राण्यांचे डोळे दुर्बिणीप्रमाणे लांबट असून त्यातील बाहुल्या मोठ्या असतात. यामुळे जास्तीत जास्त प्रकाश गोळा करून त्याचे प्रकाशसंवेदनशील पेशींवर केंद्रिकरण करता येते. घुबडास सुस्पष्ट दिसण्यास, माणसास लागणाऱ्या प्रकाशाचा एक-शतांश भाग पुरेसा असतो.

खोल समुद्रातील माशांच्या आणि जमिनीवरील परभक्षक प्राण्यांच्या डोळ्यांबाबत आणखी एक वैशिष्ट्य आढळते. त्यांच्या डोळ्यांच्या अंतर्भागावर एक प्रकारच्या चमकत्या पदार्थाचा – ज्याला टॅपिटम ल्यूसिडम म्हणतात – थर असून तो प्रकाशाचे उत्कृष्ट परावर्तन करतो. मांजराचे डोळे अंधारात चकाकतात ते यामुळेच. कोल्हा, मांजर किंवा सुसर यापैकी कोणाचेच डोळे प्रकाश बाहेर टाकत नसून डोळयात शिरणारा चंद्र, तारे यांचा आणि दूरवरील अंधूक प्रकाश केवळ परावर्तित करतात. संपूर्ण काळोखात त्यांचे डोळे अजिबात चकाकत नाहीत.

एखादा प्रवासी काळोख्या रात्री जंगलातून चालला असेल तर जणू धगधगत्या निखाऱ्याप्रमाणे चमकणारे डोळे आपल्यावर रोखल्याचा भीतीदायक अनुभव त्यास येईल. पण टॅपेटम ल्युसिडमचे लोकाना भीती दाखवण्यापुरतेच काम आहे असे नाही. परावर्तित प्रकाशकिरण परत संवेदनशील पेशींवर टाकून त्यांचे काम अधिक प्रभावीपणे होण्यात हा थर मदत करतो. यामुळे

डोळ्यात शिरणाऱ्या अल्पशा प्रकाशाचासुद्धा अगदी पुरेपूर वापर होतो. माणसाला मात्र या महत्त्वपूर्ण पदार्थापासून वंचित केलेले आहे असे खेदपूर्वक म्हणावेसे वाटते.

डोळ्यातील ग्रहणशील साधने म्हणजे शंकू आणि कांड्या. मज्जापेशी-चाच ते प्रकाशसंवेदी भाग असून सारे दृकपटल त्यानी व्यापलेले असते. मानवी डोळयात सुमारे सत्तर लाख शंकू असतात. कांड्यांची संख्या यापेक्षा कितीतरी अधिक म्हणजे साधारणणे एक कोटी तीस लाख असते. या दोहोंचे सर्वत्र समान विकरण नसून दृष्टिक्षेत्राच्या मध्यभागी शंकूंची अधिक दाटी असते. दृक्पटलाच्या मध्यभागी असणाऱ्या पीतबिंदू नामक पिवळया रंगाच्या खळग्यात तर शंकूंचीच विशेष दाटी झाल्याचे आढळते. सभोवतालच्या देखाव्याची किंवा वस्तूची सूक्ष्म छाननी करण्यासाठी पीतबिंदूचा उपयोग होतो. हा पीतबिंदू किंवा खळगा टाचणीच्या डोक्यापेक्षाही कितीतरी लहान असतो.

रंग ओळखणे हे शंकूंचे एक महत्त्वाचे कार्य असते. रंगाचे ज्ञान प्रथम अविकसित अशा अपृष्ठवंशी (पाठीचा कणा नसलेल्या) प्राण्याना झाले. शीर्षपाद प्राणी, कवचधारी प्राणी आणि अनेक कीटक रंगाच्या बाबतीत फार "तज्ज्ञ" असतात. सर्व प्राण्यात कीटक रंग जाणण्याच्या बाबतीत बरेचसे आघाडीवर असल्याचे दिसते ; ते नीलातित अथवा जंबुपार प्रकाशात पाहू शकतात ! माणूस मात्र या प्रकाशात "आंधळा" ठरतो. अशा प्रकाशात कीटक जे विलक्षण जग पाहतात ते नुकतेच कोठे आपणास दिसू लागले आहे. नीलातीत प्रकाशाचा परिणाम होणारी काच वापरून आपण छायाचित्रे घेतो.

दिवसा कार्यशील असणारे बहुतेक सर्व प्राणी उत्तम प्रकारे रंग जाणतात. माशांच्या अनेक जाती, उभयचर प्राणी, सरपटणारे प्राणी व पक्षी याना रंगाबाबत चांगली जाण असते. सस्तन प्राण्यांच्या बाबतीत मात्र निसर्गाने कंजुसपणा दाखविला. शक्य आहे की त्यांचे पूर्वज निशाचरी असावेत व त्यामुळे रंगज्ञानाची गरज भासली नाही. ईमानदार कुत्र्याने आपल्या धन्यापासून विविधज्ञान मिळविले खरे पण रंगाबाबत त्यास काहीच शिकता आलेले नाही. खूर असणाऱ्या प्राण्यांचीही स्थिती काही वेगळी नाही. बैलाना तांबडा रंग आवडत नाही अशी एक समजूत आहे पण तीमध्ये काही तथ्य नाही. एकसारख्या तीव्रतेच्या हिरव्या, निळया किंवा काळ्या रंगांपासून तांबड्या रंगाचे वेगळेपण त्यास मुळीसुद्धा जाणवत नाही. एकंदरीत असे

दिसते की रंगाच्या मनोहरी दुनियेची मौज पाहण्याची क्षमता फक्त माकड आणि माणसातच आहे.

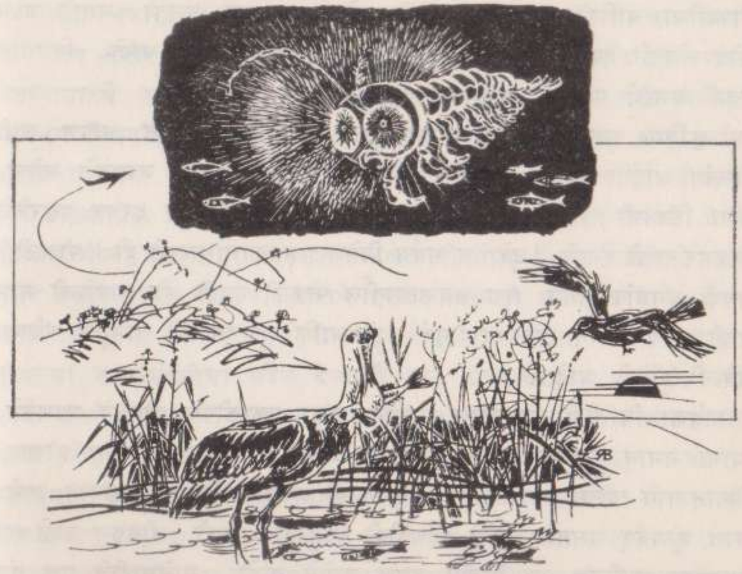
वर उल्लेखिलेल्या पीतबिंदूमार्फत वस्तूची सूक्ष्म माहिती मेंदूला दिली जाते. त्यामागे दोन कारणे आहेत—एक तर या ठिकाणी संवेदनशील पेशी ऊर्फ शंकू मोठ्या प्रमाणात एकत्रित झालेले आहेत. पण त्याहूनही महत्त्वाचे म्हणजे प्रत्येक शंकू स्वतंत्र मज्जातंतूने मेंदूस जोडलेला असतो. कांड्यांच्या बाबतीत वेगळी परिस्थिती आढळते. अनेक कांड्यांच्या गटागटाना एकेक मज्जारज्जू असतो.

दोन ठिपक्यांची प्रतिमा पीतबिंदूतील दोन वेगवेगळ्या शंकूवर पडली तरच आपण दोन वेगवेगळे ठिपके पाहू शकतो. कांड्यांच्या बाबतीत वेगळी परिस्थिती असते. दृष्टीच्या परिघीय क्षेत्रात असणाऱ्या कांड्यांच्या दोन वेगवेगळ्या गटांवर जर ठिपक्यांची प्रतिमा उमटली तर दोन ठिपके दिसतील. पण प्रतिमा एकाच गटावर पडल्या तर दोन ऐवजी एकच ठिपका दिसेल. हे सारे लक्षात घेता, उंच आकाशातून भक्ष्याची टेहाळणी करणाऱ्या गरूडादी पक्ष्यांच्या डोळ्यात दोन किंवा तीन पीतबिंदू असल्यास नवल वाटण्याचे कारण नाही.

पीतबिंदूखेरीज सभोवतालच्या उर्वरित भागातसुद्धा शंकू आढळतात, पण अगदीच कमी. या भागात कांड्यांच असतात असे म्हणता येईल. कांड्यांची प्रकाशसंवेदनशीलता अधिक असते. अनेक कांड्या आपली संवेदना एकाच मज्जातंतूमार्फत मेंदूकडे पाठवित असल्यामुळे ही मज्जा उत्तेजित करण्यास थोडासा प्रकाश पुरेसा असतो. यामुळेच अंधारात डोळ्याना काहीतरी दिसण्याची शक्यता जास्त राहते. अशा वेळी स्वतंत्र मज्जा असणारे शंकू उपयोगी पडत नाहीत.

प्रकाश कमीकमी होत जाणाऱ्या संधीकालात आपण कांड्यांचीच मदत घेतो आणि शंकू अडथळा बनतात. जर पीतबिंदूवर प्रतिमेच्या केंद्रिकरणाची "संवय" पडली नसती तर रात्री आपणास कितीतरी चांगले दिसले असते. म्हणूनच अंधारात, दृक्पटलाच्या कडेच्या भागावर ज्या वस्तूची प्रतिमा पडते ती आपणास उत्तम प्रकारे दिसू शकते. वस्तूकडे अगदी समोरून पाहिले नाही तर हा अनुभव येतो.

दिवसा उजेडात दृक्पटलाचा मोठा भाग अधिक कार्यक्षमतेने वापरला जातो खरा, पण रात्री त्याचा काहीही उपयोग होत नाही. खरे तर,



दिवसासुद्धा संपूर्ण दृक्पटल कधीच वापरला जात नाही. पीतबिंदूनजीक तथाकथित अंधबिंदू (जेथे काहीच दिसत नाही असा) असतो. या ठिकाणी प्रकाशीय मज्जेचे तंतू पृष्ठभागी आलेले असतात. तसेच हा भाग प्रकाशसंवेदनशील पेशींविरहित असतो. साहजिकच, दिवसा किंवा रात्री पाहण्याच्या क्रियेत तो कोणताच भाग घेत नाही.

आपल्या दृष्टिक्षेत्रात या अंधबिंदूचे अस्तित्व अजिबात जाणवत नाही हे खरोखरीच केवढे आश्चर्य आहे! याचे एक कारण असे असावे की आपण दोन्ही डोळ्यानी पाहत असल्यामुळे त्यातील प्रत्येक अंधबिंदूमुळे दृष्याचे वेगवेगळे भाग वगळले जात असावेत. शिवाय, वस्तू पाहत असताना, अजमावली जात असताना डोळे कधीच स्थिर नसतात, ते वस्तूच्या भोवताली आणि तीमधील महत्त्वाच्या बारकाव्यांकडे सतत सरकत असतात आणि थोडेफार कंपही पावतात. यामुळे दृक्पटलावरून प्रतिमा वेगाने सरकते व आपणास संपूर्ण वस्तूचे ज्ञान होते.

प्रकाशसंवेदी पेशींचे सर्वत्र सारख्या प्रमाणात एकत्रिकरण नसल्यामुळे वस्तूच्या जेवढ्या भागाचे काटेकोर निरिक्षण करतो तेवढाच भाग आपण पाहू शकतो. आपले लक्ष केंद्रित करण्यास याची फार मदत होते. परभक्षी

प्राण्यांच्या आणि पक्ष्यांच्या बाबतीत वेगळा प्रकार असतो. आपले भक्ष्य शोधण्यासाठी त्याना अत्यंत विस्तृत दृष्टिक्षेत्राची जरूरी असते. निसर्गाने नेहमी प्रमाणे यातूनही मार्ग काढला.

कृत्रिम फुफ्फुसांसह, किनाऱ्यापासून दूरवरच्या समुद्रात आपण कधी शिरला आहात काय? तेथे आपणाला काहीसे एकाकीपण जाणवले असेल. अशा ठिकाणी खाली, वर, समोर, कोठेही पाहिले तरी दूरवर पसरलेले निळसर-राखी रंगाचे "धुके"च सर्वत्र दिसेल. अवकाशासारखी ही "पोकळी" अगदी अमर्याद असते. पण अवकाशातील पोकळी एवढी ओस पडलेली मात्र नाही, तेथे तेजाने तळपणारा सूर्य आहे आणि लुकलुकणारे ताऱ्यांचे थवेच्या थवे विखुरलेले आहेत.

अशा विस्तीर्ण समुद्रातील माशाना सुद्धा एकाकीपण तीव्रतेने जाणवते. त्याना समान सहचरांची जरूरी भासते आणि ते थव्यात सामील होतात, निदान तसा त्यांचा प्रयत्न असतो. हा काही अपघात किंवा योगायोग नव्हे. अशा शून्यवत् अमर्याद जागी कोणतीही वस्तु लक्ष वेधते. तीवरून डोळे तर हालणार नाहीतच पण तिच्या जवळ जावेसे वाटेल. मासेमारीचे एक तंत्र नेमक्या याच प्रवृत्तीवर आधारलेले आहे.

यासाठी एक अगदी साध्या प्रकारचा गळ वापरला जातो. त्यामध्ये एक लांबलचक दोरी असून तिच्या एका टोकास ओळंबा किंवा वजन टांगलेले असते. या दोरीस ठिकठिकाणी आकडे असणाऱ्या सात-आठ दोऱ्या टांगलेल्या असून या आकड्याना (गळाना) आमिष लावण्याचीही गरज नसते. दोरी दहा-बारा मीटर खोलीवर फेकली जाते आणि अधूनमधून तीस झटके दिले जातात. थोड्याच वेळात गळाला मासा लागल्याची चिन्हे दिसतात. मग दोरी सावकाशपणे खेचली जाते.

काही वेळा माशाने आमिषविरहित आकडा गिळल्याचे दिसते किंवा तो त्याच्या पोटास अथवा शेपटीस अडकलेला असतो. नवख्या कोळ्यास याचे फार आश्चर्य वाटते. पण त्याच्या हे ध्यानात येत नाही की एकाकीपणामुळे मासा अगदी बेचैन झालेला असतो. या परिस्थितीत त्याचे डोळे कोणत्याही वस्तूवर खिळल्यावाचून राहत नाहीत. त्याची तो चव घेतो. त्याच्याभोवती घिरट्या घालतो आणि कोळ्याने झटके दिले असता हटकून गळास लागतो. अशा एकाकी अवस्थेत राहण्याची पाळी जर एखाद्या माणसावर आली तर माशाप्रमाणेच त्याने आकडा गिळल्याचे दृष्य दिसणे अशक्य नाही!

अशा भकास, निळसर पाण्यात सारे आयुष्य एकाकीपणे घालविणारे मासे मग समोर येणारी कोणतीच वस्तू सोडत नाहीत. अर्थात त्यांचे लक्ष वेधण्यासारखे फारच थोडे किंवा अजिबात नसतेच म्हटले तरी चालेल. म्हणूनच निसर्गाने मोठ्या अक्कलहुषारीने जमिनीवर राहणाऱ्या काही मांसभक्षक प्राण्याना रंगीबेरंगी बनवून टाकले, ज्यायोगे ते आकर्षित होतील.

डोळ्यातील प्रकाश-संवेदनशील अवयवांची अशी उभारणी केलेली असते की त्यांच्यावर पडणाऱ्या प्रकाशाची केवळ तीव्रताच मेंदूला कळविली जात नसून प्रकाशनाच्या बदलत्या तीव्रतेचे एकंदर स्वरूपही सांगितले जाते. प्रकाशनातील सूक्ष्म बदलांची माहिती शंकू व कांड्या देतात आणि त्यानंतर होणाऱ्या बदलासंबंधीचा संदेश देण्याची वाट पाहतात. या पद्धतीने त्यांचे कार्य चालते. डोळ्याचे प्रकाशन होण्यासाठी कोणत्या विद्युत-प्रतिक्रिया होतात याचा जेव्हा अभ्यास केला गेला तेव्हा वरील गुणधर्म आढळून आला. यासंबंधाने केलेल्या प्रयोगांचे सैद्धांतिक पृथक्करण असे दाखविते की एखाद्या ठिकाणच्या वस्तूकडे स्थिर डोळा जर बारकाईने पाहत असला तरी ती त्यास अल्पकाळच दिसते. हा निष्कर्ष पडताळून पाहणे सोपे नव्हते. एकतर वस्तू पाहण्यासाठी मानवी डोळा सतत फिरता राहतो शिवाय तो एकसारखा हिसकेही खात असतो. या प्रश्नाची सोडवणूक करण्यासाठी शास्त्रज्ञानी एक नामी युक्ती योजिली. जर डोळ्याची हालचाल रोखता येत नसेल तर सरळ डोळ्यावरच प्रतिमा पक्की करावी. डोळा जरी नेहमीप्रमाणे हलता राहिला तरी प्रतिमा मात्र स्थिर राहून दृकपटलावर ती एकाच आणि ठराविक ठिकाणीच केंद्रिभूत होईल. या प्रयोगाने ही गोष्ट सिद्ध झाली की अचल प्रतिमा डोळ्यास खरोखरीच दिसत नाही.

पृष्ठवंशी प्राण्यांमध्ये उत्क्रांतीच्या अलिकडच्या काळातच डोळे हलविण्याची क्षमता निर्माण झाली. अनेक माशांचे डोळे अचल असतात, पण त्याना त्याचा खेद वाटत नाही. एक तर पाणी ही काही दृढ वस्तू नाही, शिवाय माशांचे चलनवलन एकसारखे चालूच असते. त्यामुळे शरिराबरोबर डोळेही हालतात.

फार पूर्वी, जेव्हा माशांचे उभयचर प्राण्यांमध्ये रूपांतर झाले तेव्हा ते जमिनीवर सरपटू लागले आणि जमिनीमुळे शरिरास भक्कम आधारही मिळाला. पण सभोवतालचे जग एकसारखे सलग दिसण्याचा गुणधर्म मात्र ते गमावून बसले. या हानीचा उभयचरांवर फार नुकसानकारक परिणाम

झाला. नेत्रेंद्रियामार्फत माहितीचा एकसारखा वाहणारा अंतर्ओघ हिरावला गेला, आपल्या पूर्वज-माशांच्या तुलनेने हे प्राणी फारच मठ्ठ ठरले! मेंदूला माहितीचे "खाद्य" जेव्हा मिळेनासे होते तेव्हा तो निष्क्रिय होऊन अविकसित राहणार, आणि तसेच झाले.

उभयचर प्राण्यास जग मोठे विचित्र भासते. दुपारच्या वेळी तळ्याकाठी ऊन खात बसलेल्या बेडकाचे निरिक्षण करा, केवढ्या त्रयस्थपणे, निर्विकारपणे जगाकडे तो पाहत असतो! खरोखरीच त्यास काळजी करण्यासारखे काही असते तरी का? सभोवताली गरम हवेचा निस्तब्ध पडदा पसरलेला असतो. गवताचे पातेही न हलण्याएवढा वारा स्तब्ध असतो. मग बेडकाला सभोवतालचे झगमगित, उजळ रंगी जग दिसणार तरी कसे? जणू एखाद्या बंद पडलेल्या दूरचित्रवाणीच्या पडद्यासमोरच जणू तो बसलेला असतो.

एकंदरीत मोठे कंटाळवाणे आणि नीरस असे उभयचरांचे जीवन असते खरे, पण त्यास कारर्णाभूत असणारे डोळेच फार मोठी मदतही करतात. एखादी माशी त्याच्या समोरून जाण्याचाच अवकाश, तिचे प्रतिबिंब "दूरचित्रवाणीच्या पडद्यावर" तात्काळ उमटते. ही माशी मग एखाद्या गवताच्या पात्यावर बसते व पाते झोके घेऊ लागते. हे दृष्यही या पडद्यावर उमटते. बेडकास मग माशी पात्यावरून सरकताना दिसते, या शिवाय दुसरे काहीही नाही! अशा वेळी, बेडूक आपले भक्ष्य कधी गमावेल काय? एवढ्या सावध आणि तापर डोळ्यापासून भक्ष्य कधी सुटेल काय?

अशा तात्पुरत्या आंधळेपणामुळे उभयचरी प्राण्यांच्या सर्वसाधारण जीवनक्रमात आणि परिसराचा बोध होण्यात मुळीच व्यत्यय येत नाही. तो एखाद्या वस्तूवर कधीच धडकत नाही, कारण थोड्याशा धक्क्याने वस्तू हालते आणि डोळ्यातील "दूरचित्रवाणी"च्या कोऱ्या पडद्यावर ती उमटते.

एकंदरीत विचार करता उभयचर त्यांच्या ज्ञानेंद्रियांबाबत किंवा पृथक्करणात्मक यंत्रणेबाबत नशिबवान ठरत नाहीत. हवेच्या माध्यमात ध्वनी आणि गंध यांचे ज्ञान होण्याची कारणे पाण्यापेक्षा अगदी वेगळी असतात. जमिनीवरील नव्या परिस्थितीत योग्य ठरतील अशा प्रकारे या ज्ञानेंद्रियांचा विकास झाला नाही. त्यामुळे आपले अन्न मिळविण्यासाठी उभयचराना डोळ्यांवरच विसंबून राहणे भाग पडते आणि भक्ष्य हालचाल करीत असेल तरच ते मिळविणे शक्य होते.

जर कधीकाळी बेडूक घरात ठेवला गेलाच तर तो न हलणारे खाद्य

कधीही खाणार नाही हे ध्यानात ठेवले पाहिजे. तसा हा प्राणी शास्त्रज्ञांचा मोठा आवडता म्हटला पाहिजे. जीवशास्त्रीय आणि वैद्यकीय असे अनेक प्रयोग करण्यासाठी प्रयोगशाळेत ते ठेवले जातात. ते स्वस्तही मिळतात आणि काहीही न खाता सबंध हिवाळाभर हिमनिद्रेच्या अवस्थेत जातात.

संशोधनार्थ बेडूक जरी आदर्श प्राणी असला तरी त्याचा एक दोष मात्र या कामी मोठा त्रासदायक ठरतो. उन्हाळा येण्यापूर्वी संशोधनातील त्याचा वापर संपवला पाहिजे. कारण, यावेळी ते हिमनिद्रेतून जागे होतात आणि मग अन्नासाठी त्यांचा एकच गोंगाट सुरू होतो. त्याना भरपूर व कसदार अन्न हवे असते आणि तेसुद्धा सजीव प्राण्यांच्या रूपात. प्रयोगशाळेतील शेकडो बेडकाना सजीव अन्न पुरविणे शक्यच नसते, बेडकांच्या किंमतीपेक्षाही ते अधिक महाग असते. बेडकानी ताटात ठेवलेले मांसाचे तुकडे खावेत म्हणून नाना प्रकारे त्याना शिकविण्याचा प्रयत्न झाला. पण व्यर्थ. कित्येक दिवस शास्त्रज्ञाना यावर उपाय सापडेना, पण अखेर एकाने शक्कल काढलीच. ताटाच्या काठावर मांसाचा तुकडा ठेवून ती फिरती ठेवली गेली. हे "हालते" भक्ष्य बेडकाना लगेच जाणवले आणि ते त्यावर तुटून पडले.

अचल अशा डोळयांच्या या चमत्कारिक गुणधर्मामुळे निदान त्यांची संवेदनशीलता तरी वाढवावी असे निसर्गास सुरवातीपासूनच वाटलेले दिसत नाही. डोळे हलविता येणाऱ्या विकसित प्राण्यात तसे घडलेले नाही.

डोळ्यातील सुधारणेचा पुढील टप्पा म्हणजे प्रकाशग्राही पेशींची संवेदनशीलता वाढविणे. पण त्यामुळे नव्या समस्या उभ्या राहिल्या. उच्च संवेदनशीलतेमुळे अंधुक प्रकाशात जरी त्या उत्तम प्रकारे उपयुक्त ठरल्या तरी तीव्र प्रकाश सहन करण्यास मात्र असमर्थ ठरल्या. त्यासाठी सुरुवातीपासूनच, प्रकाशाची तीव्रता बदलता येणाऱ्या छिद्रपटलाची सोय केली गेली.

अंधारात माणसाच्या डोळयातील बाहुली आठ मिलिमीटर व्यासाची भरते. स्वच्छ सूर्यप्रकाशात हा व्यास कितीतरी कमी भरतो. बाहुलीच्या आकुंचनामुळे प्रकाशाचे प्रमाण कमी होते आणि काटेकोर, सुस्पष्ट प्रतिमा मिळते. प्रकाशकिरण स्वच्छमंडलाच्या व भिंगाच्या मध्यभागातून म्हणजेच सर्वत्र एकसारख्या माध्यमातून वक्रिभूत होत असल्यामुळे हा फायदा होतो.

सर्व ज्ञानेंद्रियांचे किंवा तदंगभूत पृथक्करण करणाऱ्या यंत्रणेचे एक खास वैशिष्टच म्हणजे संवेदना निर्माण करणारे कारण जरी लुप्त झाले तरी निर्माण झालेली संवेदना किंवा जाणीव तात्काळ नाहीशी होत नाही. यामुळे

ध्वनीलहरींचा कानावरील दाब जरी कमीजास्त होत राहिला तरी आवाज सातत्यपूर्ण, एकसारखा ऐकू येतो आणि कमीजास्त होणारा प्रकाश असला तरी दृष्य तुटक न दिसता सलग दिसते. यासच दृष्टिसातत्य असे म्हणतात. सेकंदास सोळा ते अठरा या गतीने जेव्हा प्रतिमा उमटतात तेव्हा त्यांचे वेगळेपण डोळ्याना जाणवेनासे होते. डोळ्यांच्या या गुणधर्मामुळे चित्रपट या नव्या कलेचा जन्म झाला. चित्रपटात अलग अलग चित्रे सेकंदास चोवीस या गतीने दाखविली जातात. दृष्टिसातत्यामुळे तुटक चित्रे न दिसता चित्र-विषय एकसंधी म्हणजेच हालचाल करीत असल्याचा भास होतो.

हा प्रकार पाहता आपण थोडे सुस्त व आळशीच ठरतो. पक्षी आणि उडणारे कीटक याना संवेदनेबाबत एवढे सुस्त राहून चालणार नाही. तसे झाल्यास वेगाने उडताना जग पाहणे त्याना फार अवघड ठरेल. म्हणजेच आपले चित्रपट त्याना मनोरंजक वाटणार नाहीत. तसे वाटावेत अशी जर इच्छा असेल तर चित्रपटाचा वेग सेकंदास किमान दोनशे चित्रे एवढा ठेवणे आवश्यक आहे.

विकसित प्राण्यांचा पोकळीयुक्त डोळा हा फार गुंतागुंतीचा अवयव असून तो कसा वापरावा हे प्रत्येकास शिकावे लागते. ते काम मेंदूकडे सोपविलेले आहे. डोळ्याचा उपयोग करण्यापूर्वी, त्यामार्फत मिळणाऱ्या माहितीचे मेंदूला प्रथम विश्लेषण करता आले पाहिजे. उदाहरणार्थ, दोन वस्तूंपैकी कोणती नजीक आहे हे त्यास ठरविता आले पाहिजे. दृक्पटलावरील वस्तूंच्या प्रतिमा एकसारख्या आकारातील असणे अगदी शक्य असते. किंवा, दूरच्या वस्तूची प्रतिमा नजिकच्या वस्तूच्या प्रतिमेपेक्षा मोठीही असू शकेल.

तथापि, केवळ दृक्पटलावरील प्रतिमेच्या सहाय्याने वस्तूचा आकार, मोजमाप निश्चित करता येत नाही. प्रकाश-संवेदी पेशींप्रमाणेच स्नायू-पेशीं-मार्फत डोळ्याचे प्रकाशीय अक्ष कोणत्या कोनात एकमेकाना छेदतात याचीही माहिती मेंदूस कळविली जाते. त्याबरोबरच निरनिराळ्या अंतरावरील वस्तू पाहण्यासाठी भिंगाच्या वक्रतेतही बदल होत असतो. या बदलत्या वक्रतेचे काय प्रमाण आहे याची माहिती मेंदूस दिली जाते. या सर्व माहितीचा परस्पर संबंध मेंदूस प्रस्थापित करता आला पाहिजे, तरच वस्तूचा अचूक आकार व अंतर जाणता येईल. बदलती वक्रता जेवढी जास्त, म्हणजेच दृश्य सामावून घेण्याची डोळ्याची क्षमता जेवढी अधिक तेवढे हे ज्ञान एका

डोळ्यास अचूकपणे होईल. ससे, वुडकॉक पक्षी आणि मासे यांच्यामध्ये हीच परिस्थिती आढळते. त्यांच्या कवटीच्या समोरील भागाची ठेवण अशा प्रकारे असते की त्याना दोन्ही डोळ्यानी पाहताच येत नाही.

संदेश उलगडण्याची आणि त्यांचे परस्पर संबंध प्रस्थापित करण्याची क्षमता मेंदूत स्वाभाविकरीत्याच असते. तरीसुद्धा, हातापायांची हालचाल नियंत्रित करण्यास जसे शिकावे लागते तद्वतच याही बाबतीत प्रत्येकास शिकणे आवश्यक आहे.

कीटकाना त्यांच्या गुंतागुंतीच्या डोळ्यामुळे जग संकीर्ण रचनेचे किंवा गोधळीप्रमाणे दिसते. पण त्याना एक मोठा फायदा असा होतो की दृश्य आहे तसे सुलटेच दिसते. पृष्ठवंशीय प्राण्यांच्या पोकळीयुक्त डोळ्यामुळे काही समस्या उभ्या राहतात. डोळ्यात शिरणारे किरण द्विबहिर्गोल अशा छोट्याशा भिंगातून जातात तेव्हा त्यांचे वक्रिभवन होऊन दृक्पटलावर उलटी प्रतिमा मिळते. तर मग आपणास जग उलटेपालटे का दिसत नाही? यासाठी आपण मेंदूचे ऋणी आहोत. अगदी जन्मापासूनच डोळ्यांमार्फत व इतर ज्ञानेंद्रियां-मार्फत — विशेषतः त्वचा आणि स्नायूंमार्फत — मिळणारी माहिती एकत्रित स्वरूपात साधण्यास मेंदू शिकत असतो. यामुळे जग जसे आहे, जिथे आहे तसेच दिसू लागते.

दृक्पटलावर उलटी प्रतिमा उमटते व जर तसेच आपणास दिसले तर काय होईल? आपणास जग कसे भासेल?

याबाबत अनेक प्रयोगांमार्फत अभ्यास केला गेला. दृक्पटलावर उमट-णारे दृश्य तसेच दिसण्यासाठी एक खास प्रकारचा चष्मा लावावा लागेल. सुरुवातीला जग नक्कीच उलटेपालटे दिसेल. तरीपण, हा खास चष्मा सतत चारएक दिवस वापरत राहिल्यास आपला मेंदू सारे काही जमवून घेईल आणि जग परत पूर्वीप्रमाणेच सुलटे दिसू लागेल. मग हा चष्मा लावून आपण मोटारसुद्धा चालवू शकाल. पण जर का चुकून चष्मा काढलात तर लगेच सारे काही उलटेपालटे दिसावयास लागेल. याही वेळी आपला आज्ञाधारक मेंदू मदतीस धावून येईल, माहितीचे पृथक्करण करण्याची जुनी पद्धत क्रमा-क्रमाने अंमलात येऊन सारे काही ठीक होईल. या सर्व प्रक्रिया मेंदूत प्रत्य-क्षात कशा घडतात याचे संपूर्ण व सुस्पष्ट ज्ञान अद्यापी झालेले नाही. शिवाय, मेंदूचे कार्य कसे चालते या अगदी वेगळ्या विषयाशीच त्याचा संबंध आहे.

कुजबुजणारा ग्रह

नेत्रेंद्रिय आणि श्रवणेंद्रिय यामध्ये एक खास फरक आहे. अगदी थोडेच प्राणी प्रकाश बाहेर टाकू शकतात पण ऐकू शकणारे कित्येक प्राणी खास उपकरणाच्या सहाय्याने आवाजही काढतात. प्राण्यांमध्ये ध्वनीसंदेश देण्याची क्षमता कशी निर्माण झाली याची अचूक कल्पना करणे अशक्य आहे. तथापि या दोहोंपैकी ध्वनिपृथक्करणाचे इंद्रिय प्रथम अस्तित्वात आले असणे अगदी शक्य आहे. ध्वनिग्रहणाच्या सहाय्याने शत्रू, मित्र किंवा भक्ष्य जाणणे आवश्यकच होते.

प्राण्याना कान मिळाल्यावर त्यांच्या ध्यानात आले की सोबत्यांचे आवाज ऐकण्याची जर तसदी घेतली तर महत्त्वाची आणि उपयुक्त माहिती सहजगत्या मिळत जाते. या ध्वनिसंदेशांमार्फत कुटंबातील किंवा थव्यातील इतर प्राण्यांचे कसे काय चालले आहे हे तर कळतेच, पण सभोवतालच्या घडामोडींचेही ज्ञानही मिळते. या प्रगतीमार्गावर केवळ एक टप्पाच ओलांडणे बाकी होते – स्नेह्यासोबत्यांच्या संदेशास प्रत्युत्तर म्हणून आवाज काढता येणे जरूरी होते.

एकमेकांशी संवाद साधण्यासाठी आवाज काढण्याची क्षमता तर प्राण्यांमध्ये विकसित झाली; पण अचूक आणि योग्य असा प्रत्युत्तरात्मक आवाज काढण्यासाठी प्राण्यास उत्तम प्रकारे ऐकता येणे देखील आवश्यक होते. या संबंधामुळेच ध्वनी-निर्मितीच्या आणि ध्वनिग्रहणाच्या उपकरणांचा विकास बरोबरीने होत गेला.

पक्षी स्वतःचे आणि सजातियांचे आवाज ग्रहण करण्यात फार तल्लख असतात. त्याना असेही अनुभवास आले की आपण जो आवाज काढतो त्याचा प्रतिध्वनी उमटतो आणि एकाच प्रकारच्या आवाजाचे वेगवेगळ्या परिसरात भिन्न भिन्न प्रतिध्वनी उत्पन्न होतात. या फरकाचे कारण निसर्गाने नीट लक्षात घेतले व त्याचा योग्य उपयोग कसा होईल या दृष्टीने प्रयोग सुरू केले. त्याधूनच प्राण्याना स्वतःच्या विविध कामांसाठी उपयोगी ठरतील अशी ध्वनिग्राहक आणि ध्वनीनिर्मितीची उपकरणे उदयास आली.

पक्षांची आणि सस्तन प्राण्यांची ध्वनी-उपकरणे उत्कृष्ठ आहेत. हवेच्या हालचालींचा उपयोग करून त्यांचे स्वरयंत्र विविध प्रकारचे आवाज काढू शकते. मात्र प्रत्येकासच ही निसर्गाची देणगी मिळालेली नाही. काहींच्या

बाबतीत निसर्ग फारच "कंजूस" ठरला, परिणामी "मुके" प्राणी निर्माण झाले. आवाजाच्या दुनियेत स्वतःची भर टाकण्यासाठी या प्राण्याना स्वतःच मार्ग काढावा लागला आणि स्वतःच्या भावना व्यक्त करण्यासाठी साहाय्यभूत ठरणारे काही उपाय अवलंबावे लागेल.

प्रेमात पडलेल्या सुतार पक्षास वाटते की भावना व्यक्त करण्यास आपली चोच काही पुरेशी नाही. झाडाच्या वाळक्या खोडाचा ढोल किंवा पडघम वाजवून आपल्या प्रियतमेचे तो मनोरंजन करतो. तित्तर पक्षी आपल्या पंखांच्या सहाय्याने असाच ढोल वाजवितो. मिनिटास चाळीस या वेगाने हे स्पंदन चालते.

किटकांमध्ये स्वरयंत्र नसते आणि ध्वनी निर्माण करण्यासाठी ते कशाला तरी अंग घासतात. नाकतोडा आपल्या पंखांचा काही भाग एकमेकांवर घासतो. रातकिडयाच्या पंखांवर त्रिकोणी आकाराचे सुमारे १५० लोलक असून ध्वनिकंपन आणि ध्वनिवर्धन करण्यासाठी चार पटल किंवा पापुद्रे असतात. हे पाहता, किटकांचे कान डोक्यावर नसल्यास त्यात नवल वाटू नये. रातकिडयाचे कान त्याच्या ढोपरावर तर टोळाचे कान त्याच्या तळपायात असतात.

आपल्या कल्ल्याचे पाटे एकमेकांवर घासून मासे आवाज काढतात. कार्प मासा घशाजवळील दातानी आवाज काढतो. परकॉईड माशांचे ध्वनीयंत्र फारच आगळे असून ते मुख्यतः "गाणारे" मासे, समुद्र-रॉबिन आणि गुर्नार्ड यामध्ये विकसित झाले आहे. हे मासे आपल्या पोटाचे विशिष्ट स्नायू आकुंचित करून वरील त्वचेचे स्पंदन साधतात व त्यातून ध्वनी निर्माण होतो.

पुष्कळसे प्राणी मार्गक्रमण करता करता आवाज काढतात. मोठ्या चोचीच्या पाणलावा पक्ष्याचे "ओरडणे" उंचावरून ऐकू येते. त्याला मोठ्या आकाराची जी खास पिसे असतात त्यांच्या कंपनातून हा आवाज निर्माण होतो. त्याच्या "विवाहा"नंतर होणाऱ्या उड्डाणाच्या वेळी हा आवाज अधिककरून ऐकू येतो. डासांचे गुणगुणणे तर सर्वांच्या परिचयाचे आहे. तुमच्या विरुद्ध पुकारलेल्या युद्धाची ती नांदी मुळीच नसते. त्यांच्या पंखाचे कंपनच एवढे असते की त्यामुळे हा आवाज निर्माण होतो. डासांची इच्छा असो व नसो, आवाज निर्माण होणारच.

अस्तित्वात आल्यापासून मानवास प्राण्यांच्या भाषेबद्दल कमालीचे कुतुहल वाटले आहे. त्या भाषांचा अर्थ लावण्याकडे, त्या समजावून घेण्याकडे

अनेकांचे लक्ष वेधलेले दिसते. मोठमोठ्या विद्वानानी त्यावर अनेक ग्रंथ लिहिले आहेत. त्यांचे बरेचसे विवेचन आता विस्मृतीच्या पडद्याआड गेले असले तरी कुतुहल कमी झालेले नाही.

प्राण्यांचे ध्वनिसंदेश जागून घेण्याचे सारे प्रयत्न व्यर्थ ठरले. पुढे ध्वनि-मुद्रण, ध्वनिनिर्मिती आणि ध्वनीचे सर्वंकष पृथक्करण करण्याची यंत्रसामग्री उपलब्ध झाली आणि त्यामुळे प्राण्यांच्या भाषेबाबत थोडेफार ज्ञान शास्त्र-ज्ञाना होत गेले.

प्राणी वेगवेगळे संदेश ऊर्फ ध्वनी वेगवेगळ्या कामासाठी वापरतात. काही ध्वनी सहचारिणीस बोलावण्यासाठी असतात तर काही सावधानतेची सूचना देतात. काही ध्वनी अन्न किंवा भक्ष्य सापडल्याचे सूचित करतात तर काही स्थानबदल करण्याचा सर्वांना आदेश देतात. कर्णमधूर किलबिल ही बहुधा निवाऱ्याची जागा मिळाल्याचा आनंद व्यक्त करते.

पुष्कळदा पक्षाचे गाणे किंवा बेडकाचे ओरडणे अगदी निर्हेतुक असते. त्यातून फारच थोड्या माहितीची देवाणघेवाण होते. मग ते का चालू असते हे जेवढे कुतुहलजनक तेवढेच अनाकलनीय ठरले आहे. पुष्कळदा पक्ष्याचे गाणे हा संगिताचा मनोहर आविष्कार असतो. गाण्याचे अंग उपजत, नैसर्गिक खरे पण उत्तम गाण्यास पक्षाना शिकावे लागते. नुकत्याच पंख फुटलेल्या पक्ष्याने जर आपल्या स्नेह्यासोबत्यांचे आवाज कधीच ऐकले नाही तर तो उत्तम गायक होणारच नाही. चांगला गायक वेडेवाकडे गाणा-ऱ्याची नक्कल कधीच करणार नाही, पण वाईट गाणारा मात्र उत्तम गाण्याची नक्कल करण्यास जरूर शिकतो. ही गोष्ट लक्षात घेता, काही भागात फक्त सुरेल गाणाऱ्या पक्षांचीच वसती का आढळते, तर काही ठिकाणी सारेच पक्षी बेसूर गाताना का आढळतात, याचा उलगडा होईल.

प्राण्यांची भाषा समजली गेली त्यापेक्षा खूपच समृद्ध असते. जर प्राणी मोठाल्या कळपात राहणारे असतील तर ही भाषा अधिकच समृद्ध असते. कोंबड्या या बाबतीत कमनशिबी ठरत असल्या तरी त्यांच्या भाषेत निदान तीस प्रकारचे शब्दसंकेत आहेतच.

प्राण्यांच्या प्रत्येक जातीचे स्वतःचे असे स्वतंत्र संकेत-भांडार असते आणि एखादी जात जगाच्या पाठीवर जर दूरवर विखुरलेली असेल तर प्रत्येक गट स्वतंत्र "राष्ट्रीयता" असणारा किंवा स्वतंत्र "भाषिक गटा"त मोडतो. उदाहरणार्थ, अमेरिकेतील कावळ्याना त्यांच्या फ्रान्समधील बंधुभगिनींचे

हृदगत मुळीसुद्धा समजणार नाही. हे प्रयोगानी उत्तम प्रकारे सिद्ध झालेले आहे. काळ्या समुद्रातील डॉल्फिन माशाना त्यांच्या भूमध्य समुद्रातील नातेवाईकांची भाषा समजत नाही.

तथापि, असेही दिसून येते की एकत्रित राहणाऱ्या भिन्न जाती, शेजाऱ्यापाजाऱ्यांची भाषा थोडीफार शिकून घेतात. त्यातल्यात्यात परस्परांचे संकटदर्शक किंवा सावधानतेचे इशारे एकमेकानी आत्मसात केल्याचे हटकून आढळते. काळ्यापांढऱ्या व "बडबड्या" नीळकंठ पक्षाने दिलेले सावधानतेचे इशारे सभोवतालच्या परिसरातील सर्व प्राण्याना समजतात. एवढेच काय, पण तैगातील चिडखोर अस्वल किंवा अति पूर्वेकडील पट्ट्या-पट्ट्याचा नखरेल वाघ देखील ह्या संदेशांकडे दुर्लक्ष करण्याचा धोका पत्कर-णार नाहीत. बहुभाषिक पक्षीही आहेतच. भटके आयुष्य कंठणारे पक्षी, ठिकठिकाणी स्थायिक झालेल्या पक्षांची वेगवेगळी भाषा आत्मसात करतात.

भिन्न भिन्न जातींची भाषा काही वेळा एवढी वेगवेगळी असते की विशिष्ट आवाजावरूनच त्याचा धनी कोण हे ओळखणे सोपे जाते. एखादा पक्षीतज्ज्ञ, गाणे ऐकून गाणाऱ्या पक्षाची जात वा प्रकार हमखास सांगेल पण हातात धरलेल्या पक्ष्याबाबत चूक होणे अगदी शक्य असते. गाणारे पक्षी नेहमीच एकच जातीचे असतात कारण त्यांच्यात "मिश्रविवाहा" मुळे संकर प्रजा निर्माण झालेली आढळत नाही. विशिष्ट ध्वनीमुळे ठराविक जाती-चेच नरमादी एकत्रित येतात. अनेक कीटकांच्या बाबतीतही हेच दिसते. त्यांच्या पंखांची कंप्रता वेगवेगळी म्हणून आवाजही वेगवेगळे. विशिष्ट आवा-जास विशिष्ट जातीची मादीच दाद देणार किंवा निवडली जाणार.

प्राण्यानी प्रसृत केलेले ध्वनिसंदेश हे त्याचा कालावधी, कंप्रतेची गती व विस्तार; स्वरनियमन, दोन संदेशातील मध्यंतर; कंप्रतेंच्या दोन मर्यादे-तील संख्या; चढत्या आणि उतरत्या ध्वनीतील चढउतारांची तीव्रता, आणि इतर अनेक बाबतीत एकमेकांपासून वेगळे असतात. हे जरी खरे असले तरी सखोल अभ्यास असे दर्शवितो की प्राण्यांच्या आवाजात काही साधर्म्य जरूर असते.

उदाहरणार्थ, वरून येणाऱ्या संकटाबाबत बहुतेक पक्षी व प्राणी दीर्घ आणि हळूहळू वाढतजाणारा आवाज काढतात. तथापि, त्यांचा कितपत उपयोग होत असावा याची शंकाच आहे. आकाशात घिरट्या घालणारी घार किंवा ससाणा खाली झेप घेण्याच्या तयारीत असतो तेव्हा पळून जाण्यात

काही अर्थ नसतो. धोक्याचा संदेश हे काही सांगत नाही की धोका उजवीकडून की डावीकडून, समोरून की पाठीमागून आहे आणि पळावयाचे कोणत्या दिशेस. यावेळी एकच मार्ग असतो तो म्हणजे श्वास रोखून निश्चल पडून राहणे अथवा असलाच तर नजिक आसरा घेणे. हवेतून होणाऱ्या हल्ल्यापासून जीव वाचविण्याचा याखेरीज दुसरा उपायच नसतो.

जमिनीवर परिस्थिती वेगळी असते. धोका कुठून येणार याची माहिती होणे जरूरीचे असते, म्हणजेच स्थान निश्चितीस उपयोगी पडणारे संदेश हवेत. यासाठी कोंबडचा, सुरुवातीला एकदम वरच्या पट्टीतले व नंतर हळू हळू उतरत जाणारे तुटक तुटक आवाज काढतात. त्यामुळे पक्षी हवेत उडून जातात किंवा प्राणी आवाजाच्या विरुद्ध दिशेस पळ काढतात.

प्राण्यांच्या भाषेची विपुलता आणि ती केवळ ध्वनिनिर्मितीपुरती मर्यादित नाही हे मान्य करूनही ती एक दुय्यम दर्जाची भाषा आहे असे म्हणणे भाग पडते. वस्तुस्थिती अशी आहे की जी दुय्यम दर्जाची भाषा आहे असे म्हणणे भाग पडते. वस्तुस्थिती अशी आहे की जी काही भाषा किंवा शब्द अथवा आवाज प्राण्याना पुढे काढावयाचे आहेत त्याचा "जन्मजात वारसा" त्याना मिळतो. म्हणजेच जनुक संकेतानुसार ते बोल काढणारच, मुलांप्रमाणे बोलावयास शिकणार नाहीत, शिकण्याची तशी जरूरीही नसते. मनुष्यप्राणी इच्छाशक्तीनुसार अवान्तर भाषा शिकू शकतो (उदा. मराठी भाषिक जसा मल्याळी भाषा शिकू शकतो) पण पक्षी वा प्राण्याना तसे करता येणार नाही. तसेच त्यांच्या शब्दसंपत्तीतही भर पडत नाही. जन्मजात जेवढ्या शब्दांची शिदोरी दिली गेली तीच कायम राहते. प्राणी जो ध्वनी काढतो तो त्याच्या इच्छेनुसार नसून विशिष्ट मनःस्थितीनुसार निघतो, त्यात बदल असा होणार नाही. आपण मात्र आपली भावना, मनःस्थिती आपणास पाहिजे त्या शब्दात व्यक्त करू शकतो. वेगाने झेप घालणाऱ्या घारीस पाहून कोंबडी जी किंकाळी फोडते ती केवळ उपजत प्रवृत्तीमुळे, सहचाऱ्याना धोक्याची सूचना देण्यासाठी नव्हे. तापल्या तव्यास हात लागताच माणूस ज्या सहजप्रवृत्तीमुळे "हाय" म्हणतो तोच हा प्रकार असतो. प्राण्यांचे आवाज (भाषा) म्हणजे सहजप्रवृत्तीचा आविष्कार असून माहितीची देवाणघेवाण करण्याच्या प्रवृत्तीने वा स्वेच्छेने ते काढलेले नसतात. माणसाच्या तुलनेने प्राण्यांची भाषा मंद गतीने का विकसित होत गेली याचे हे एक कारण होय.

प्राणी कळप करून जेवढा अधिक काळ राहतात तेवढे त्याना आवाजांमार्फत सभोवतालच्या परिसराचे अधिक ज्ञान होते. कुत्र्याच्या जोडीपैकी एकजण धन्याला पाहून जे आवाज काढतो त्यावरून दुसरा कुत्रा "आपला" माणूस कोण हे जाणू शकतो.

प्राण्याना आपल्या ध्वनिसंकेतांचा अधिक परिणामकारक वापर करण्यास शिकता येते. तहान लागल्यास केकाटण्यास, फिरावयास जाण्याची वेळ झाली असता कुरकुरण्यास, भूक लागली असल्यास जोराने भुंकण्यास कुत्र्याना शिकविता येते. आवाज तेच पण त्यांचा वापर वेगळ्या कारणांकरिता असा हा प्रकार असतो. पोपटाला मात्र, त्याच्या स्वरयंत्राचे स्नायू माणसाच्या या अवयवाशी मिळतेजुळते असल्यामुळे विविध शब्द उच्चारण्यास आणि वाक्येच्या वाक्ये बोलण्यास शिकविता येते. पोपटही परिस्थितीनुसार त्यांचा अचूक वापर करतो. एका व्यापारी जहाजावरील खलशाने परतताना एक पोपट इंग्लंडला आणला होता. पाण्याचे भांडे रिकामे झाले की "पाणी" म्हणून तो आरोळी ठोकायचा आणि खाण्याची इच्छा झाली की "जेवण द्या" असे (अर्थात इंग्रजीत) म्हणत असे. जेव्हा झोपण्यासाठी पोपट पंखाखाली डोके खुपसण्याच्या तयालीत असे तेव्हा "गुड नाईट" म्हणण्यास तो कधीच विसरत नसे; मग खोरीत ते ऐकण्यास कोणी असो वा नसो.

यापूर्वी उल्लेखिलेल्या उपजत भाषेच्या तुलनेने हे प्रतिसाद म्हणजे पुढची पायरीच ठरते, जरी मानवी बोलांच्या दृष्टीने ते कमी प्रतीचे ठरत असले तरीही. भांड्याच्या आवाजाने आणि पदार्थ त्यात ओतण्याच्या आवाजाने ज्याप्रमाणे कुत्र्याच्या तोंडास पाणी सुटते तशाच या केवळ प्रतिक्षेपी क्रिया आहेत.

प्राण्यांमधील संपर्कव्यवस्थेमध्ये यापेक्षा अधिक काही सुविकसित पद्धती आहेत काय?

अलिकडे, डॉल्फिन माशांची वागणूक पाहून अमेरिकन शास्त्रज्ञ फारच बुचकळ्यात पडले आहेत. एकाच तळ्यात ठेवलेल्या दोन डॉल्फिन माशाना विशिष्ट संकेतानुसार अनुक्रमे डावी व उजवी कळ दाबण्यास शिकविण्यात आले. त्यानंतर मधोमध भिंत उभारून तळ्याचे दोन भाग करण्यात आले व डॉल्फिनना अलग केले. डाव्या भागात राहणारा डॉल्फिन दोन्ही संकेत पाहू शकत होता पण कोणत्या संकेतानुसार कळ दाबावयाची हे त्याच्या ध्यानात येईना. टाकीच्या उजव्या भागात राहणाऱ्या डॉल्फिनला संकेत न



दिसण्याची व्यवस्था केली होती. तरीसुद्धा तो मनसोक्तपणे योग्य ती कळ दाबू लागला! हे फारच विस्मयजनक होते. योग्य ती कळ दाबण्यास त्यास कोणीतरी "सांगितले" असले पाहिजे. कोण सांगणे शक्य आहे? संकेत पाहणाऱ्या डाव्या भागातील डॉल्फिनेच ही माहिती पुरविली!!

माहिती पुरविण्यासाठी डॉल्फिन माशाने नक्कीच ध्वनिसंकेत वापरले असले पाहिजेत. त्याच्या आवाजाचे ध्वनिफीतीवर मुद्रण करून त्यांचे सखोल पृथक्करण करण्यात आले. तथापि, त्यांचे स्वरूप स्पष्ट झाले नाही. मालकाला पाहून कुत्रा ज्याप्रमाणे उत्स्फूर्त आवाज काढतो तसेच त्या डाव्या भागात राहणाऱ्या डॉल्फिनने संकेतांनुसार आवाज तर काढले नसावेत? अथवा, डॉल्फिन एकमेकाना सभोवतालची माहिती वेळोवेळी कळवित तर नसतील? हा दुसरा विचार जर बरोबर असेल तर माणसाच्या बोलण्याशी, इतर कोणत्याही प्राण्यांमेक्षा डॉल्फिनांचे बोलणे अधिक मिळतेजुळते ठरते.

ध्वनिसंदेशांतील विविधता आणि त्यांची खास वैशिष्टचे यामुळे तुलना करण्याची इच्छा स्वाभाविकच होते. कधी कधी भिन्न भिन्न प्राण्यांच्या

आवाजात साम्य आढळते पण ते केवळ योगायोग असतो की हेतुपुरस्सर असते? रात्रीच्या वेळी जंगलातून जाणाऱ्या अननुभवी माणसास हिंस्र प्राण्याचा आवाज ऐकू येतो आणि भीतीने त्याचा थरकाप उडतो. वास्तविक तो आवाज असतो एका जातीच्या हरणाचा आणि सहचारिणीच्या मीलनप्रसंगी हे आवाज काढणे चालू असते. हे साम्य केवळ योगायोग किंवा अपघाती स्वरूपाचे म्हणायचे काय? "त्या" हरणाचे ओरडणे मादीला आकर्षित करते पण इतराना भीतीदायक वाटते. निसर्ग एवढा विसरभोळा असणे शक्यच नाही. ऐटबाज पण स्वसंरक्षणास सर्वस्वी असमर्थ अशा या प्राण्यांचे रक्षण दुसऱ्या कोणत्या मार्गाने करणे निसर्गास शक्य होते?

"हेतुपुरस्सर नक्कल" अनेकांच्या बाबतीत पहावयास मिळते. मधमाशांशी सरळ सरळ मुकाबला करणे शक्यच नसते तेव्हा त्यांची नक्कल करणेच इतराना परवडते. जेथे जेथे मधमाशांची वसती असते तेथे बहुधा मोठ्या आकाराच्या इतर माशा आढळतात. मधमाशा उडताना गुणगुणतात आणि हा आवाज त्यांच्या पंखांच्या हालचालीतून निर्माण होतो. सेकंदास १५० वेळा पंख फडफडत असतात. दुसऱ्या मोठ्या माशा मधमाशांप्रमाणेच गुणगुणतात व त्यांच्या पंखांची हालचाल सेकंदास १४७ इतकी असते. मोठ्या माशीचे कान तीक्ष्ण असल्यामुळे ती मधमाशीला कधीच आपल्या जातीची समजत नाही, पण मोठ्या प्रेमाने त्यांच्या जवळ जाते.

मधमाशांचे पोळे म्हणजे कडेकोट किल्लाच असतो. केवळ अस्वल पोळयांवर हल्ला करते पण अनेकदा त्यालासुद्धा मधमाशांच्या सामुहिक प्रतिहल्ल्यापुढे माघार घ्यावी लागते.

किल्ल्याच्या प्रवेशद्वारी रात्रंदिवस पाहरा देणारे पाहरेकरी असून ते कधीच डुलकी घेत नाहीत. त्यांची नजर चुकवून आत जाणे केवळ अशक्य. पण पोळयातून येणारा मधाचा वास फारच लोभस असतो.

अशी परिस्थिती असूनही स्फिंक्स (ॲकेरोंशिया ॲट्रोपस) नामक माशी त्यात जाते कशी व पोटभर मध पिऊन सुरक्षितपणे बाहेर पडते कशी याचे शास्त्रज्ञाना अत्यंत आश्चर्य वाटत असे. स्फिंक्सचे पंख आणि पोट काळयापिवळया रंगाचे असते आणि पाठीवर पिवळसर पांढऱ्या ठिपक्यांची नक्षी असते. पोळयातील मध ती एवढा मनसोक्त पिते की बाहेर पडल्यावर उडणे अशक्य होते! स्फिंक्स माशी विशिष्ट प्रकारचा तीव्र आवाज काढते आणि त्यामुळे "पाहरेकरी" भुलतात, जणू युलिसिसच्या सहकाऱ्यांसमोर सायरेने

गायिलेले मधूर गीतच! हा सारा प्रकार आता उलगडला असून स्फिंस्क माशी राणीमधमाशीच्या आवाजाची हुबेहूब नक्कल करते, असे आढळून आले आहे.

राणीमाशी नसेल तर मधमाशाना अगदी पोरके वाटते. इतर मधमाशां-बरोबर राणीमाशी पोळयातून निघून जाते तेव्हा सर्वत्र विषण्णतेची छाया पसरते. तथापि, थोडयाच दिवसात नवी राणीमाशी कोशातून बाहेर येते आणि मग सर्वत्र आनंदीआनंद पसरतो. ही नवीन, तरुण राणीमाशी सर्वत्र फेरफटका मारून आपल्या सुहास्य वदनाने आणि मधूर आवाजात राणीपदाची सर्वत्र ग्वाही फिरविते.

स्फिंस्क नेमकी या नव्या राणीशीच्या आवाजाची नक्कल करते. मधमाशा ("पाहरेकरी") या आवाजाने अगदी भारून जातात. त्यांच्या या तात्पुरत्या "गुंगी"चा फायदा घेऊन स्फिंस्क पोळयातील मध जास्तीत जास्त गट्ट करते आणि पाहरेकरी गोंधळातून भानावर येईपर्यंत पळ काढते.

आवाजाची नक्कल करण्याचा प्रकार इतरही प्राण्यांमध्ये आढळतो. अशा आविष्कारांचे कारण पूर्णपणे अभ्यासिले गेले नाही. हा प्रकार जलचर प्राण्यांमध्ये अधिक प्रमाणात पहावयास मिळतो. परभक्षक मासे आपल्या भक्ष्यास अशा नकलेने मोहात पाडतात. स्वतःच्या शत्रूना दूर ठेवण्यासही ते अशा नकलेचा वापर करतात. श्राव्यातीत ध्वनीचाही वापर अशा कामा-साठी केला जातो. असे ध्वनी माणसास ऐकू न येणारे असल्यामुळे संशोधनावर आपोआपच मर्यादा पडतात.

निशाचर प्राणी इतर कोणत्याही ध्वनीपेक्षा प्रतिध्वनीचा वापर अधिक करतात. त्यामागील तत्व साधे आहे. प्राण्याने निर्मिलेले ध्वनितरंग वस्तूंवर किंवा अडथळयावर पडून परावर्तित केले जातात व प्राण्याकडे परततात. ध्वनितरंग परत येण्यास (प्रतिध्वनी ऐकू येण्यास) लागणाऱ्या वेळेवरून पदार्थाचे अंतर कळते आणि स्वरूपावरून (तरंगलांबीतील बदलावरून) पदार्थाचे गुणधर्म कळतात.

प्रतिध्वनी-तंत्राचा वापर करण्याची क्षमता बहुतेक सर्व विकसित प्राण्यां-च्या अंगी असते. डोळे बांधलेला कुत्रा भिंतीला किंवा मोठ्या वस्तूस न अडखळता चालण्यास काही दिवसातच शिकतो. अडथळयानी परावर्तित केलेले आवाज त्याचे तयार कान बरोबर ओळखतात.

प्रतिध्वनी तंत्राचा वापर माणसालाही करता येतो. जन्मजात अंध

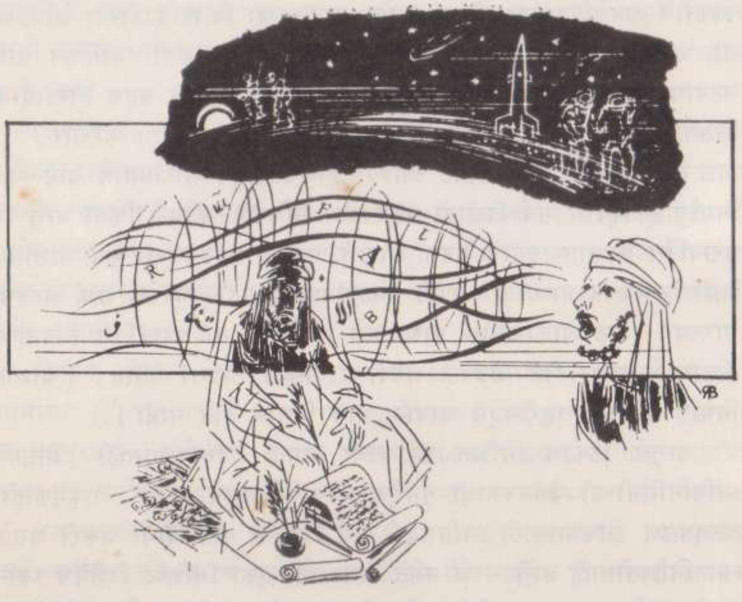
व्यक्तीचे श्रवणेंद्रिय फार तीक्ष्ण असते. पावलांच्या किंवा काठीच्या आवाजाने तो लहानसहान व सवयीने मोठे अडथळे चुकवू शकतो. डॉल्फिन आणि वटवाघळांच्या तुलनेने हे ज्ञान जुजबी खरे पण आवाजाचे ग्रहण होण्याबाबत निसर्गानेच माणसावर मर्यादा टाकली आहे त्यास कोण काय करणार?

मासे हेच तंत्र वापरतात. त्यांच्या हालचालीतून लाटांप्रमाणे दाब-लहरी निर्माण होतात व सर्व दिशानी पसरतात. नजिकचे अडथळे किंवा वस्तू त्या परावर्तित करतात. त्यांचे ग्रहण करणारे एक खास उपकरण सर्व माशांमध्ये आणि उभयचर प्राण्यांच्या काही प्रकारांमध्ये (उदा. युरेडेल ऊर्फ सरड्यां-सारख्या लांबट आकारातील प्राण्यांमध्ये) असते. या परावर्तित स्पंदनांच्या साहाय्याने पाण्यातील अडथळे अगदी रात्रीसुद्धा टाळता येतात. (माशानी निर्माण केलेल्या लहरींमधून आवाज मात्र निर्माण होत नाही).

वस्तूचे ठिकाण निश्चित करण्याची क्षमता उंचावण्यासाठी निसर्गास ध्वनिनिर्मितीच्या उपकरणाची पुनर्रचना करणे भाग पडले. एकमेकातील दळणवळण साधण्यासाठी ध्वनिलहरी सर्व दिशाना पसरण्याची जरूरी असते. स्थाननिश्चितीसाठी अशी गरज नसते, त्यासाठी एका विशिष्ट दिशेनेच ध्वनि-लहरी जाणे आवश्यक असते. दुसरे असे की सर्वच ध्वनिलहरी स्थाननिश्चिती-साठी उपयोगी नसतात. अडथळयामर्फत ध्वनीचे प्रभावी परावर्तन होण्यासाठी ध्वनिलहरींची लांबी अडथळयाच्या मानाने एक-द्वितियांश (निम्मी) किंवा एक-तृतियांश असणे जरूर असते. म्हणूनच स्थाननिश्चितीसाठी लघुलहरींचा वापर होतो.

प्रतिध्वनी-तंत्राचा प्रभावीरीत्या वापर करणारा सर्वात प्रसिद्ध पक्षी म्हणजे ग्वाकारो ऊर्फ तैलपक्षी. कॅरेबियन समुद्रातील बेटांवर आणि दक्षिण अमेरिकेत त्याचे वास्तव्य असते. चॉकलेटी रंगाचा आणि पांढरे ठिपके असणारा हा एक मोठ्या आकाराचा पक्षी आहे. त्याच्या पसरलेल्या पंखांची लांबी सहज एक मीटर भरते. बहिरीससाण्याशी त्याचे खूपच साम्य आढळते.

ग्वाकारो हा निशाचर पक्षी आहे. सारा दिवस तो खोल दरीत काढतो. अशाच ठिकाणी दुर्गम कपारीत तो आपले घरटे बांधतो. रात्र पडली की ग्वाकारो बाहेर पडतो आणि खासकरून फळे खाऊन सूर्योदयापूर्वी घरी परततो. दाट काळोखात दऱ्याखोऱ्यांच्या वेड्यावाकड्या वळणातून तो सफाई-दारपणे, सहजगत्या विहार करतो आणि कशासही अडखळत नाही. अशा सुरक्षित मार्गक्रमणासाठी ग्वाकारो प्रतिध्वनी-तंत्राचा अचूक वापर करतो.



हवेतून उडताना ग्वाकारो, सेकंदास ७००० आवर्तनांच्या ध्वनिलहरी तुटकपणे प्रसारित करतो. माणसाच्या कानास जाणवणारी ही कंप्रता आहे. ध्वनीचा हवेतील वेग ३४० मीटर्स म्हणजे ग्वाकारोच्या उडण्याच्या वेगाच्या बारा ते पंधरा पटीने जास्त असतो. त्यामुळे अडथळयापर्यंत ध्वनी पोहोचण्यास व प्रतिध्वनी ऐकू येण्यास भरपूर वेळ मिळतो. थोडक्यात म्हणजे अडथळयापर्यंत पोहोचण्यापूर्वीच त्यांबाबत ग्वाकारोस सारी माहिती मिळते आणि त्यास तो टाळता येतो. सॅलँजेन आणि इतर काही निशाचर पक्षी हे तंत्र याच कामासाठी वापरतात.

वटवाघुळे आणि डॉल्फिन मासे या तंत्राचा वापर फक्त अडथळे टाळयासाठीच न करता भक्ष्य शोधण्यासाठीही करतात. यासाठी त्याना ४०,००० ते ३००,००० कंप्रतेच्या आणि एक ते तीन मिलिमीटर तरंग-लांबी असणाऱ्या परा-उच्च ध्वनींचा वापर करणे भाग असते.

निरनिराळ्या फळांवर आणि मोठाल्या कीटकांवर उदरनिर्वाह करणारी वटवाघुळे आणि जनवरांचे रक्त पिणारी वटवाघुळे सेकंदास १५०,००० कंप्रतेचा आणि कमी तीव्रतेचा ध्वनी वापरतात. खूपशी अचल अशी वस्तू

शोधण्याचे त्यांचे काम सोपेच म्हटले पाहिजे. त्यासाठी स्थिर कंप्रतेचे आवाज हे प्राणी वापरतात.

भक्ष्य उडत असता ते पकडणे खूपच अवघड असते. यासाठी भक्ष्य कुठे आहे याचे ज्ञान पुरेसे नसते, ते किती वेगाने हालचाल करीत आहे हे जाणून घेणेही जरूरीचे असते. बहुधा यामुळेच बरीचशी वटवाघुळे आणि डॉल्फिन मासे बदलत्या कंप्रतेचे ध्वनी वापरत असावेत.

कीटकभक्षी, काही विशिष्ट जातीची वटवाघुळे आपले तोंड सर्व दिशानी फिरवून सेकंदास दहा ते वीस ध्वनीसंकेत प्रसारित करतात आणि भक्ष्याचा वेध घेतात. प्रत्येक संदेश साधारणतः पन्नास दोलनांचा असतो. त्यांची सुरुवात ९०,००० कंप्रतेची असून ४५,००० कंप्रतेच्या ध्वनीने त्यांचा शेवट होतो. म्हणजेच संदेशात एकसारख्या दोन कंप्रता नसतात. भक्ष्याचा शोध लागताच संदेशाची कंप्रता २०० होते व कालावधी ०.००१ सेकंद होतो.

असे अनुमान केले गेले आहे की भक्ष्याची उडण्याची दिशा ठरविण्यासाठी प्रसारित ध्वनी आणि परावर्तित ध्वनी यांच्या तरंगलांबीतला फरक वटवाघूळ जाणून घेते. जर भक्ष्य त्याच्या दिशेने येत असेल तर लहरींचे संकोचन होते (लघुलहरीत रूपांतर होते) आणि कंप्रता वाढते. याउलट भक्ष्य दूर जात असेल तर लहरी दीर्घ स्वरूपाच्या होतात आणि ऐकू येणारा प्रतिध्वनी मंद स्वरूपाचा असतो.

वटवाघुळात हे प्रतिध्वनी तंत्र एवढे परिपूर्ण असते की मखमल, प्लायवुड आणि एमरी कागद यातील भिन्नता ते सहज जाणू शकते. प्रत्येक पदार्थ त्याच्या घडणीनुसार विशिष्ट प्रकारे ध्वनी परावर्तित करतो. सपाट, मृदू पृष्ठभाग उत्कृष्ठ ध्वनिपरावर्तक असतात तर खडबडित सच्छिद्र पृष्ठभाग ध्वनिशोषक असतात. स्त्रियांच्या भारंभार केशसंभारात एखादेवेळेस वटवाघूळ धडकून अडकलेले आढळते. कारण, या सच्छिद्र माध्यमामार्फत त्यास कोणताच प्रतिध्वनी मिळत नाही, आणि सरळ भक्ष्य म्हणून ते त्याकडे धाव घेते.

या फसव्या प्राणघातक आवाजांपासून संरक्षण कसे करावयाचे हे ज्ञान व तेवढा वेळ कीटकाना जरूर मिळतो. कित्येक निशाचरी कीटकांच्या अंगावर मऊ दाट केसांचे आच्छादन असते ते थंडीपासून संरक्षण मिळावे म्हणून नसते. अशा आच्छादनामुळे वटवाघुळाच्या ध्वनीचे अत्यंत क्षीण स्वरूपात परावर्तन होते आणि कीटकाच्या अगदी जवळून वटवाघूळ त्यास न पाहता निघून जाते.

वटवाघुळाचा ध्वनी जाणण्याचे उपकरण निसर्गाने कीटकाना दिले असते तर संरक्षणाचा प्रश्न सहज सुटला असता. अशावेळी पंख दुमडून गवतावर निपचित पडले म्हणजे झाले.

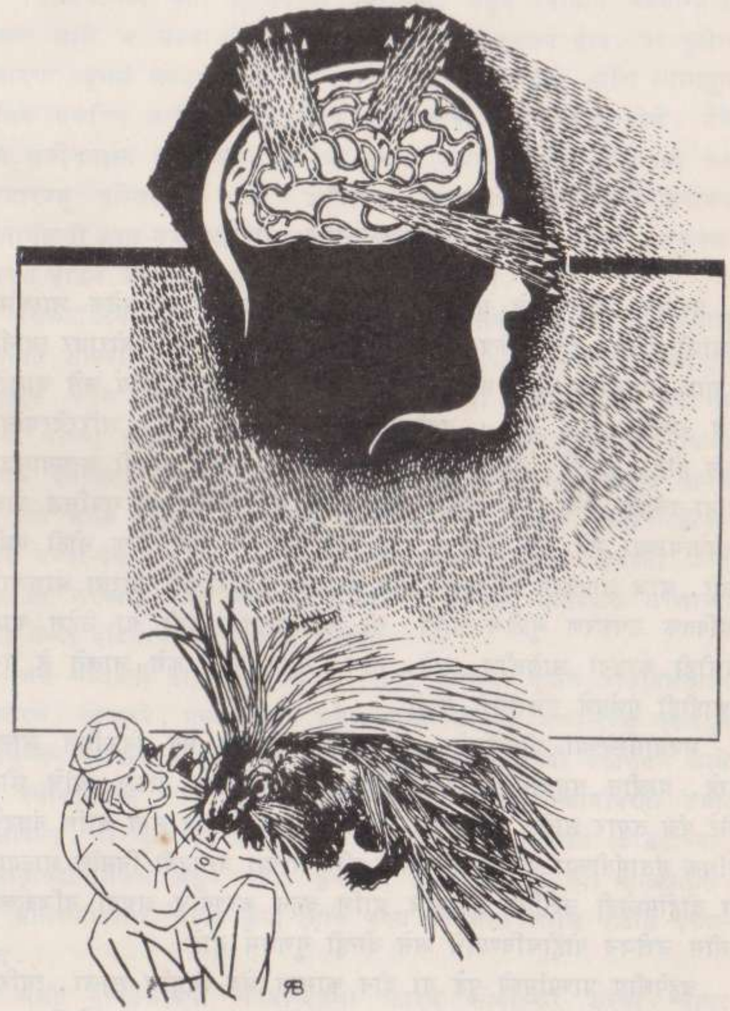
वटवाघुळांचे हे अद्भुत अंग त्याना केवळ दिशा ठरविण्यासाठीच उपयोगी पडते असे नसून दाट माध्यमात तर ते क्ष-किरणांसारखे उपयोगी ठरते. काही वटवाघुळाना मासे आवडतात. त्यासाठी ती अगदी पाण्याजवळून उडत जातात आणि खालच्या दिशेने ध्वनी प्रसारित करतात. योग्य प्रतिसाद मिळताच पाय बुडवून मासा पकडतात.

वटवाघुळाना हे कसे शक्य होते याबाबत शास्त्रज्ञाना खूपच विचार करावा लागला. एकतर ध्वनिलहरींचा काही भाग पाण्याच्या पृष्ठभागामार्फत परावर्तित होतो आणि येणारा प्रतिध्वनी हवेत पुष्कळसा विखुरला जातो. शिवाय, पाण्याचे आणि ८० टक्के जलमय असणाऱ्या माशाचे ध्वनीविषयक गुणधर्म एवढे समान असतात की वटवाघुळाच्या आवाजाचा फारच थोडा भाग मासे परावर्तित करतात. वटवाघुळाना मासा "अदृश्य" असतो. तथापि, माशाच्या शरिरात हवेने भरलेले एक वाताशय असते आणि ते "दगाबाजी" करते. वाताशयाने परावर्तित केलेला ध्वनी वटवाघूळ बरोबर जाणते आणि मग माशावर मृत्यू ओढावतो.

प्रतिध्वनीमापनाबाबतीत ध्रुवप्रदेशातील देवमासे आणि सील प्राणी म्हणजे आश्चर्यच म्हटले पाहिजे. वर्षातील बराचसा काळ बर्फाच्या थराखाली असणारे मासे त्याना पकडावे लागतात. तेथील दीर्घ रात्रीत पाण्याखालचे जग क्षणभरही उजळत नाही. अशा परिस्थितीत त्याना आपल्या कानांवरच विसंबून राहणे भाग असते.

चिचुंद्रया, रानातील उंदीर व इतर अनेक प्राणी प्रतिध्वनिमापनाच्या सहाय्याने स्थाननिश्चिती करतात. तथापि आपल्या कानाना त्यांचे आवाज ऐकू येत नाहीत.

पुष्कळशी वटवाघुळे स्थाननिश्चितीसाठी तोंडाने आवाज न काढता नाकातून काढतात. वटवाघूळ आवाज काढते यावर निसर्गवेत्त्यांचा पूर्वी विश्वासच नव्हता. मानवी कान जर कुत्र्यांप्रमाणे असते तर वटवाघुळांचे काय "म्हणणे" आहे ते काही प्रमाणात समजले असते. रक्त पिणारी वटवाघुळे माणसांवर, गायी, म्हशी, घोडे अशा पाळीव जनावरांवर हल्ला करतात. पण कुत्र्याचे रक्त त्यांच्या नशिबी नाही. वटवाघुळाच्या आवाजाने तो जागा होतो आणि त्यांच्या समाचारार्थ चार पायांवर खडा होतो.



प्रकरण ८

प्रचंड गुंतागुंतीची गाठ

एक अनाकलनीय ग्रंथी

प्राचीन विद्वत्जनांचे ग्रंथ वाचताना त्यानी लावलेल्या अनेक शास्त्रीय शोधांशी परिचय होतो. केवळ निरिक्षण आणि अनुमानाच्याच जोरावर त्यानी हे शोध लावल्याचे पाहून मन थक्क होते. मानवी इंद्रियांचे कार्य कसे चालते याचे सखोल ज्ञान २००० वर्षांपूर्वीही विद्वत्जनाना आणि शरिरवेत्त्याना झाले होते. तथापि, मेंदूचे खरेखुरे कार्य कोणते याची पुसटशी कल्पनासुद्धा त्याना नव्हती. ख्रि. पू. चौथ्या शतकातील ॲरिस्टॉटल या सुप्रसिद्ध ग्रीक तत्त्ववेत्याच्या मते, मेंदू म्हणजे रक्त थंड करणारी केवळ एक मोठी ग्रंथी होती. आज आपणास निश्चित माहीत आहे की मेंदू म्हणजे, गारवा आणणारे वैयक्तिक उपकरण मुळीच नाही. या तथाकथित "ग्रंथी"चा उद्देश काय याचीही कल्पना आलेलीच आहे. मात्र, मेंदूचे कार्य कसे चालते हे गूढ अद्यापीही पूर्णपणे उकललेले नाही.

मज्जासंस्थेच्या दीर्घकालीन उत्क्रांतीतून मानवी मेंदू विकसित झाला आहे. प्राचीन समुद्रांमध्ये प्रथम जैविक अणू एकत्रित होऊन त्यांचे छोटे छोटे पंज तयार झाले. अशा प्राथमिक स्वरूपातील कणरूप जीव आणि नंतरचे अधिक गुंतागुंतीच्या रचनेचे एकपेशीय जीव यांच्या वसाहती निर्माण झाल्या. या दोहोंमध्येही उत्तेजित होण्याचे आणि वहन करण्याचे अथवा नजिकच्या पेशीस उत्तेजन पोहोचविण्याचे असे दोन्ही गुणधर्म होते.

बहुपेशीय प्राण्यांमध्ये पुढे या दोन कामात भेद निर्माण झाला. त्वरित उत्तेजित होणाऱ्या आणि तात्काळ वहनक्षमता असणाऱ्या खास पेशी प्रथम सिलेंटेरेटवर्गीयांमध्ये निर्माण झाल्या. बाह्य कारणांमुळे त्वरित उत्तेजित होण्याचा गुणधर्म अधिकाधिक तीव्र होत गेला. तसेच, ज्या इंद्रियांची

प्रतिक्रिया जीवास फायदेशीर ठरेल त्यांकडेच उत्तेजन वाहून नेण्याचे कार्यही अधिक प्रभावीपणे होऊ लागले.

सिलेंटेरेटमध्ये पेशी एकमेकाना जोडलेल्या असून त्यायोगे मज्जा-जाळे तयार झाले व मज्जा-संस्थेचे हे अगदी पुरातन स्वरूप होय. या पुढील सुधारणा म्हणजे मज्जापेशींचे निरनिराळे गुच्छ तयार होणे आणि त्यामधून अधिक एकत्रित आणि अधिक सुसूत्र असे मज्जा-रज्जू निर्माण होणे. जेथे जेथे संकोचनक्षम अशा अनेक पेशींची सुसूत्र क्रिया अपेक्षित होती तेथे तेथे मज्जारज्जू अस्तित्वात आले. जेलिफिश या जलचर प्राण्याच्या छत्रीरूप भागाभोवती अशा गुच्छांची मज्जा-वलये आढळतात. त्यामुळे छत्रीचे आकुंचन-प्रसरण होऊन जेलिफिश पाण्यात सहजगत्या वावरतो.

सिलेंटेरेटचे वंशज असलेल्या चापट कृमींमध्ये सर्व मज्जापेशी दोरीप्रमाणे एकत्रित झाल्या असून शरिराभोवती वेणीप्रमाणे गुंफल्या गेलेल्या असतात. त्यातील अनेक संकोचनक्षम जागा आणि मज्जेचा प्रत्यक्ष संबंध येणाऱ्या जागा यांच्या सहाय्याने सबंध मज्जा-यंत्रणेच्या कार्यात एकसूत्रता साधली जाते. इतस्ततः विखुरलेल्या मज्जापेशींच्या तुलनेने, मज्जारज्जूंचे सर्वत्र पसरलेले जाळे केव्हाही सुधारितच म्हटले पाहिजे. तथापि, अशी नळीसारखी मज्जा-यंत्रणा फार अवजड स्वरूपाची आणि विविध इंद्रियांची कामे नियंत्रित करण्यास अति गुंतागुंतीची ठरली. त्यासाठी मार्गदर्शक ठरणाऱ्या एका नव्या इंद्रियाची गरज भासू लागली.

असे मध्यवर्ती इंद्रिय पहिल्यांदा, चापट कृमीच्या पुढील प्रतिनिधींमध्ये अवतरले. त्यामध्ये, मुख्यत्वेकरून अनेक मज्जापेशीयुक्त मज्जारज्जू एकवटून "समुच्चय गुच्छिका" तयार झाल्या. या गुच्छिकानी अगदी कठीणतम कामे तर स्वीकारलीच, पण मज्जायंत्रणेच्या इतर भागांच्या कार्यावरही ताबा मिळविला. या गुच्छिका खास करून ज्ञानेंद्रियांच्या, विशेषतः डोळ्यांच्या, संतुलनाच्यानजिकच असून चापट कृमीच्या ग्रसिकेनजिकही त्या आढळतात. या ग्रसिकेमार्फतच चापट कृमी त्यांचे भक्ष्य पकडतात आणि पोटात ढकलतात.

अशी गुच्छिकारूपी मज्जा-यंत्रणा फारच सोयीस्कर ठरली. चापट कृमींचेच वंशज ठरलेल्या खंडयुक्त कृमींमध्ये सर्व मज्जापेशी गुच्छिकात केंद्रित झाल्या आणि त्याना जोडणाऱ्या मज्जारज्जूंमध्ये पेशींमधील दीर्घस्वरूपी प्रक्रिया होत राहिल्या. कृमींच्या बहुधा प्रत्येक खंडात गुच्छिकांची

एकमेकाना जोडलेली जोडी असून मज्जारज्जूंमार्फत प्रत्येक गुच्छिका मागील व पुढील खंडातील गुच्छिकाना जोडलेली असते. या मज्जायंत्रणेचे एखाद्या जिन्याशी फार साम्य दिसते. पुढील भागातील गुच्छिकांच्या जोडया सर्वात मोठ्या आकाराच्या असून त्यामार्फत अत्यंत महत्त्वाची कामे तर पार पाडली जातातच शिवाय उर्वरित मज्जायंत्रणेवरही त्यांचेच नियंत्रण असते.

अधिक विकसित कृमींमध्ये या गुच्छिका अधिकच एकमेकांनजिक येऊन एकत्रित असा एक घटक तयार झाला. त्यांच्या मज्जायंत्रणेत समकालीन पृष्ठवंशीय प्राण्यांची काही वैशिष्टये आढळतात.

सुरुवातीच्या पृष्ठवंशीय प्राण्यांचा मेंदू कशा प्रकारचा होता ते आपणास माहीत नाही. कॉरडेटा वर्गातील अगदी प्राथमिक स्वरूपाच्या लॅन्सेलेटमध्ये फक्तदोरी सदृश मज्जायंत्रणा असून मुख्य मेंदू नाही. मेंदूचा हा भाग प्रथम सायक्लोस्टोम वर्गातील लॅम्प रे, लाळया मासा व इतर माशांमध्ये अवतीर्ण झाला.

या प्राचीन प्राण्यातील मेंदूची, मानवी मेंदूच्या भागांप्रमाणेच विभागणी झाली. विभाग एकसारखे पण त्यांची संरचना आणि त्याहीपेक्षा महत्त्वाचे म्हणजे त्यांच्या कार्यात मूलतःच फरक आहे. माणसाच्या मनोव्यापारांवर नियंत्रण ठेवणारा अग्रमस्तिष्क किंवा मेंदूचा पुढचा भाग हे प्रमुख इंद्रिय होय. लॅम्प रे आणि माशांमधील हाच भाग केवळ गंधविषयक संवेदनांचे पृथक्करण करतो. उभयचर प्राण्यांमध्ये अग्रमस्तिष्काची कार्ये अधिक गुंतागुंतीची असत

जेव्हा उभयचरानी जमिनीचा आश्रय घेतला तेव्हा त्याना अनेक अडचणीना तोंड द्यावे लागले. विशेषतः त्यांचे गंधज्ञान खूपच तोकडे पडले. पाण्यात पदार्थ विरघळला असता माशाना त्याच्या गंधाचे ज्ञान होते. जमिनीवरील गंधातील फरक जाणण्यासाठी या पुरोगामी उभयचराना गंधवाही पदार्थ प्रथम नाकातील ओलाव्यात विरघळविणे आवश्यक ठरले. त्यांच्या गंध-संवेदी आलोककानी या नव्या परिस्थितीशी तात्काळ जुळवून घेतले आणि अग्रमस्तिष्कास कार्यरत राहण्यास माहिती मिळेनाशी होऊन तो आळशी, निष्क्रिय ठरला. उभयचरांमधील मेंदूच्या या भागामार्फत इतर कार्ये का केली जाऊ लागली याचे हे मूळ कारण ठरते. दृष्टीविषयक, ध्वनीविषयक आणि बहुधा इतर अनेक प्रकारच्या संवेदनांचे पृथक्करण करण्यास तो मदत करू लागला. मेंदूतील एक भाग सर्वप्रकारची माहिती हाताळू लागल्याची ही पहिलीच वेळ म्हटली पाहिजे.

सस्तन प्राण्यातील मेंदूचा झपाटयाने विकास होत गेला. प्रथम स्वतंत्र भाग प्रगत झाले पण तोपावेतो त्यांच्यात खास असे फरक नव्हते. प्रत्येक विभाग, विशिष्ट प्रकारच्या (उदा. ध्वनीविषयक, गंधविषयक, स्पर्शविषयक, इ.) संवेदनाचे पृथक्करण करण्यास जबाबदार होता. विकसित सस्तन प्राण्यांमध्ये, पृथक्करण करणाऱ्या विभागांच्या दरम्यान तथाकथित सहयोगी मध्यत्वेची छोटी छोटी बेटे निर्माण झाली. मेंदूच्या पुढील उत्क्रांती-कालात हे विभाग सतत वाढत व प्रगत होत गेले. माकड आणि माणूस यांच्या प्रमस्तिष्क गोलार्धांवरील फार मोठा पृष्ठभाग त्यानीच व्यापलेला आहे. याच ठिकाणी, खोलवर संबंध असणाऱ्या अशा केवळ मानसिक क्रियाचे सारे खेळ चालतात!

मेंदूच्या वळकटयांचे कार्य

मानवी मेंदूच्या रूपाने निसर्गाने या पृथ्वीवर एक महान चमत्कार करून दाखविला आहे. अगदी विसाव्या शतकापर्यंत विज्ञानास त्याच्या विस्मयजनक गुंतागुंतीचे ज्ञान झाले नव्हते. महान रशियन शास्त्रज्ञ इवान पेत्रोविच पावलोव आणि त्यांच्या शिष्यानी मेंदूच्या संशोधनातील पहिल्या अत्यंत महत्त्वपूर्ण सफलता प्राप्त केल्या. त्यांच्या यशाचे रहस्य म्हणजे त्यानी संशोधनार्थ जो आविष्कार निवडला तोच त्यांच्या सुदैवाने अगदी महत्त्वाचा होता. एका अर्थी हा आविष्कार केवळ शरीरशास्त्रीय आणि म्हणूनच रूढीबद्ध संशोधन-पद्धतीनी संशोधिता येणारा, तर दुसऱ्या अर्थी तो मानसशास्त्रीय ठरतो. पुढे असेही आढळून आले की हा आविष्कार म्हणजे प्राथमिक स्वरूपाची मानसिक क्रिया जरी असली तरी, पावलोवच्या मते, मनोव्यापाराच्या प्रचंड इमारतीची ती जणू कोनशीलाच ठरते. हा आविष्कार आज आपणास "अनुभवजन्य सहजस्फूर्त दाद किंवा प्रतिक्रिया" म्हणून माहीत आहे.

अनुभवजन्य सहजस्फूर्तीची प्रतिक्रिया हा सिद्धांत अगदी सुरुवातीपासूनच सर्वसामान्यपणे ओळखला गेला असे म्हणणे अतिशयोक्तीचे ठरेल. मानवी मेंदूची दूरगामी संबंध असणारी कार्ये आज ना उद्या जाणून घेता येतील याची कल्पना एकेकाळी फारच थोडयाना आली होती. तो काळ वयोवृद्ध शास्त्रज्ञ विसरले नाहीत. या परिस्थितीत नंतर फरक पडत गेला. तथापि, मानसिक क्रिया या सर्वस्वी अनुभवजन्य सहजस्फूर्त प्रतिक्रियेच्या (किंवा

तात्पूरत्या संबंधांच्या सिद्धांताखेरीज इतर कशावर तरी अवलंबून नसतील ना अशी शंका आजसुद्धा काहीजण घेतातच.

मानसिक क्रियांच्या अनेक यंत्रणा आपल्या मेंदूत निःसंशयपणे कार्यरत असतात, पण त्या साऱ्या अनुभवजन्य सहजस्फूर्त प्रतिक्रियांवर अवलंबून आहेत.

शरिरातील कोणतीही पेशी आणि एकपेशीय जीवसुद्धा, एकदा अनुभवलेल्या संवेदनेचा ऊर्फ उत्तेजनाचा काही अंश ध्यानात ठेवण्यास आणि पूर्वीच्या अनुभवानुसार त्यात फेरफार करण्यास समर्थ असतो. म्हणजेच, एका घटनेचा दुसऱ्या घटनेशी संबंध जोडतो. या विशेषाधिकारामुळे मज्जापेशींचे कार्य विशेष उठून दिसते व त्यांच्या विकासामुळे ते शक्य झाले आहे

जेव्हा दोन घटना – एक जीवाच्या दृष्टीने महत्त्वाची आणि दुसरी अनावश्यक – एकाच वेळी घडतात तेव्हा संबंध प्रस्थापित होतो. एखाद्या कुत्र्याला, अन्न देण्यापूर्वी दर वेळेस जर त्याला भांड्याचा खडखडाट ऐकू आला तर त्यामध्ये अनुभवजन्य सहजस्फूर्त प्रतिक्रियेची प्रवृत्ती अल्पावधीतच निर्माण होईल. मग केवळ खडखडाटच तोंडास पाणी सुटणे व इतर प्रतिक्रिया (ज्या पूर्वी अन्नामुळे घडत) घडून येण्यास पुरेसा ठरेल.

अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रतिक्रिया म्हणजे प्राण्याच्या सभोवताली जे जग असते त्याच्या आकलनाचे साररूप दर्शन होय. या परिसराचे नियंत्रण करणाऱ्या मूलभूत नियमांचेच त्यात प्रतिबिंब दिसते. अन्न देण्याच्या क्रियेपूर्वी भांड्याचा आवाज व तोसुद्धा अनेकदा जेव्हा जेव्हा ऐकावयास मिळतो तेव्हा कुत्र्यात अनुभवसिद्ध उत्स्फूत प्रतिक्रिया निर्माण होते. याचा दुसरा अर्थ असा की प्राण्याने दोन घटनांतील अंतर्गतसंबंध "समजून" घेतला आहे. संबंधित उद्दीपक कारण (भांड्याचा खडखडाट) हा दुसऱ्या उद्दीपनाची खूण अथवा संकेत ठरतो, आणि केवळ अन्नामुळे जे जे प्रतिसाद मिळत ते सारे निर्मिण्यास कारणीभूत ठरतो.

ही संकेतक्रिया (तात्पुरता संबंध जोडण्याची क्रिया) म्हणजे एक सर्वव्यापी आविष्कार असून तो या पृथ्वीवरील सर्व प्राण्यात एकाच प्रकारचा असतो. त्याचबरोबर हे तत्त्व सर्वव्यापी आणि कोणत्याही जीवाच्या बाबतीत लागू पडणारे आहे. असे समजण्यास भरपूर आधार आहेच. म्हणूनच इतर ग्रहांवरसुद्धा तात्पुरता संबंध जोडण्याची प्रवृत्ती असणारे प्राणी सापडणे अगदी शक्य आहे. थोडक्यात, ही प्रवृत्ती म्हणजे निसर्गाचा एक मूलभूत आणि

विश्वव्यापी नियम असून उत्तम प्रकारे विकास झालेल्या प्राण्यात तो स्वाभाविकपणे आढळेल. प्रत्येक खास प्रकारात त्याची वैशिष्ट्ये बदलती असणार हे उघडच आहे.

आपल्या ग्रहावरील प्राण्यांमध्ये परिस्थितीशी जुळवून घेण्याची जी विस्मयजनक यंत्रणा आहे त्यामुळे सभोवतालच्या परिस्थितीचे आकलन करणे आणि ज्ञानसंचय करणे हे आयुष्यभर चालू असते. ह्या यंत्रणा काही अंशी ज्ञानेंद्रियांच्या कार्यावर अवलंबून असतात. त्यांचे विशेष लक्षण म्हणजे सततच्या उद्दीपक कारणांची त्याना चटकन "सवय" होते आणि मग त्या दाद देईनाशा होतात. तथापि, नव्या संकेताना मात्र त्या तेवढ्याच तत्परतेने दाद देतात.

हा असा एक प्रकार आहे की ज्याच्याशी आपण बहुतेक सारे परिचित आहोत. जेथे नावडता वास कोंदला आहे अशा खोलीत आपण जर प्रथमच शिरलो तर तो अतिशय त्रासदायक वाटतो पण थोड्याच वेळाने तो जाणवतही नाही. किंवा अंगवळणी पडतो. आपल्या घ्राणेंद्रियास त्याची सवय होते आणि मग मेंदूस संदेश पाठविले जात नाहीत. पण जर आपण थोडा वेळ खोलीबाहेर गेलो आणि नंतर परत आलो तर तो अप्रीय वास लगेच जाणवू लागतो.

ज्ञानेंद्रियांच्या या विशेष गुणधर्मामुळे, सभोवताली घडणाऱ्या नव्या घटनांबाबत मेंदूस सतत माहिती मिळत राहते. तसेच, प्रत्येक नव्या उद्दीपक कारणामुळे स्थितीमिमुख प्रतिक्रिया निर्माण होते व त्यामुळे पुढे उभ्या राहणाऱ्या अनपेक्षित परिस्थितीस तोंड देण्याची तयारी होते. उद्दीपनाच्या एखाद्या नव्या घटनेच्या पाठोपाठ (मग ही नवी घटना प्राण्याच्या दृष्टीने अनावश्यक का असेना) महत्त्वपूर्ण घटना येणार असेल तर त्या नव्या घटनेमुळे अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रतिक्रियेची पार्श्वभूमी तयार होते, नवी घटना संकेत ठरते.

साधेसुधे तात्पुरते संबंध प्रस्थापित करणे एवढेच काम मानवी मेंदूमार्फत होते असे नाही. खाऊ घालण्याबाबत, संरक्षणात्मक, लैंगिक आणि इतर अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रतिसाद हे प्राण्यानी त्यांच्या सभोवतालच्या परिस्थितीस दिलेले काही महत्त्वपूर्ण प्रतिसाद होत. उत्क्रांतीच्या विशिष्ट काळात प्राण्यानी तात्पुरते संबंध जोडण्याची "कला" आत्मसात केली. तसेच संबंध नसणाऱ्या उद्दीपक कारणांमुळेही ती निर्माण होण्यास मदत झाली. ही मनःशक्ती सरपटणाऱ्या प्राण्यांमध्ये तर आल्याचे आढळेल, पण पक्षी आणि

सस्तन प्राण्यांमध्ये ती पूर्णतया प्रगत झालेली दिसेल. त्यामुळे तर मेंदूची ज्ञानबोध होण्याची कक्षा केवढी तरी विस्तारली गेली. उघडच आहे की असा तात्पूरता संबंध जोडण्याची प्रवृत्ती, सभोवताली नित्यनेमाने घडणाऱ्या कोणत्याही उद्दीपक घटनेस दाद देत राहते.

हे तर खरेच की निरनिराळ्या उद्दीपक घटनांचे असंख्य तात्पुरते संबंध जोडून सभोवतालच्या जगाची मानसिक चित्रे उभी करून ते आपण जाणून घेतो. कोणत्याही बाह्य प्रतिसादाद्वारे व्यक्त न होणाऱ्या अशा यंत्रणा माणसाच्या बौद्धिक क्रियाशीलतेचे मूलभूत आगरच ठरतात. अशा गुंतागुंतीशी संबंधित कोणतेही उद्दीपक कारण मग एकमेकांशी गुंतलेल्या तात्पुरत्या प्रतिसादांच्या साखळीस कारणीभूत ठरते.

माणसासह इतर प्राण्यानाही तात्पुरते संबंध प्रस्थापित करता येतातच. या दोहोंच्या क्षमतेत जर काही फरक असेल तर तो गुणात्मक नसून संख्यात्मक आहे. प्राण्यांच्या बाबतीत गंधात्मक, रूचीविषयक, औष्णिक, श्रवणात्मक किंवा दृष्टीविषयक असे प्रत्यक्ष उद्दीपक संकेतरूप असतात. माणसातील वैशिष्ट्य हे की तो ह्या बरोबरच शब्दांचाही वापर करतो. थोडक्यात, शब्द म्हणजे या "संकेतांचे संकेत" ठरले आहेत. (म्हणूनच मानसशास्त्रज्ञ बोलणे म्हणजे "दुसरी संकेत-यंत्रणा" मानतात) शब्द ऐकले जातात, वाचले जातात, अंधांच्या ब्रेल लिपीमार्फत स्पर्शिले जातात आणि गतिबोध मार्गे (म्हणजे बोलताना जीभ आणि घशातील स्नायूना होणाऱ्या संवेदनामार्गे) जाणले जातात. तथापि, कोणत्या स्वरूपात ते ग्रहण होतात याला महत्त्व नाही.

बोलण्यामुळे माणसास दोन फायदे मिळाले आहेत. पहिला हा की त्यामुळे माहितीचे अगदी मूलभूत व नव्या मार्गाने संस्करण करता येते.

प्रत्येक साधासुध्या अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रतिसादातही व्यापक असे सामान्यीकरण आणि वास्तवतेपासून दूर असे अमूर्तीकरण अनुस्यूत असते. उदाहरणार्थ, भांडयाच्या खडखडाटास अन्नविषयक जाणीवेचा प्रतिसाद जेव्हा कुत्र्यात निर्माण होतो तेव्हा त्यामध्ये अन्नाशी नाते सांगणाऱ्या ध्वनीचे सामान्यीकरण अभिप्रेत असते. त्याचबरोबर, ध्वनी अन्नविषयक प्रतिसादास कारण ठरत असला तरी त्यामुळे तो काही अन्न बनत नाही. हे अमूर्तीकरण अगदी उघडपणे दिसून येते.

पहिल्या संकेत-यंत्रणेच्या तुलनेने, या दुसऱ्या संकेत-यंत्रणेमुळे ऊर्फ शब्दांमुळे सामान्यीकरण आणि अमूर्तीकरण यांची फार वरची पातळी गाठली जाते. बोलण्यामुळे माणसास प्रतिमा आणि उद्दीपक कारणाऐवजी कल्पनांची हाताळणी करणे शक्य झाले आहे. यामुळे तर ज्ञान अथवा बोध होण्याच्या प्रक्रियेत मोठीच सुलभता आली आणि तीस वेगही मिळाला.

दुसरे असे की बोलण्यामार्फत नवनविन तात्पुरते संबंध प्रस्थापित करणे शक्य झाले. तसेच ही दुसरी संकेत-यंत्रणा, माणसाच्या तात्पुरत्या संबंधांचा बराचसा भाग तयार होण्यासही जबाबदार ठरते. मनात एखादे साहचर्य ठसण्यास माणसास इतर प्राण्यांप्रमाणे या ना त्या आविष्कारांशी प्रत्येकवेळी परिचित होण्याचीही गरज राहिली नाही. बोलण्यामार्फत आपण साहचर्याचे नाते सतत प्रस्थापित करीत असतोच. यामुळे माणसामाणसात ज्ञानाची देवघेव होण्यास अतिशय अनुकूल परिस्थिती तर निर्माण झालीच शिवाय भोवतालच्या जगाचे मूलभूत सिद्धांत आत्मसात करण्याचा कालावधीही कमी झाला. लिहिण्याच्या शोधामुळे तर ह्या प्रक्रियेत अधिकच सुलभता आली आणि वैयक्तिक संबंधही अनावश्यक ठरले. कालाच्या ओघात मिळालेले ज्ञान लिहिता आल्यामुळेच साठविता आले. एका व्यक्तीकडून दुसरीस तर ते देता आलेच पण एका पिढीकडून दुसऱ्या पिढीकडे सुपूर्त करणेही शक्य झाले.

विलंब म्हणजे सर्वनाश

सुमारे तीस शतकांपूर्वी, आजच्या आधुनिक ग्रीसच्या अति दक्षिणेस पेलोपॉन्निसॉस नामक द्वीपखंड होते व तेथे स्पार्टा नामक बलाढ्य आणि लढाऊ राज्य अस्तित्वात होते. इतर अनेक राज्यांप्रमाणे तेथेही राजसत्ता होती. दैववशात एकदा राजसिंहासन रिकामे झाले असता हरिलाई हा अल्पवयीन वारस गादीवर आला. अल्पवयामुळे त्यास अधिकार हाती ठेवणे जमले नाही आणि पालक म्हणून लायकर्गस नामक त्याचा चुलता राज्यकारभार पाहु लागला. अशा मोठ्या पदावर असणाऱ्या लायकर्गसने अनेक शत्रू निर्माण केले व अखेरीस त्यास स्पार्टा सोडावे लागले.

त्याची हद्दपारीतील वर्षे काही वाया गेली नाहीत. सभोवतालच्या जगाचे निरिक्षण आणि चिंतन करण्यास त्यास भरपूर वेळ होता. आशिया मायनर आणि इजिप्त या देशांचा त्याने प्रवासही केला. क्रीटला त्याने भेट दिली आणि एका नव्या राज्य घटनेच्या मसुद्यासह तो स्वदेशी परतला. लायकर्गस-

च्या राज्य घटनेत, समान अधिकार असणाऱ्या दोन वारसदार राजानी राज्य करावे आणि स्पार्टातील अठ्ठावीस वयस्क नागरिकांच्या मंत्रीमंडळाने त्याना मदत करावी अशी तरतूद होती. याशिवाय, अगदी महत्त्वाचे प्रश्न नागरिकांच्या विधिमंडळात चर्चिले जावेत, तसेच तीस वर्षांवरील प्रत्येक नागरिकास मताधिकार असावा अशीही तरतूद घटनेत होती. लायकर्गसच्या घटनेचा रोख, संपत्तीची वाटणी सर्व नागरिकांमध्ये समानतेच्या पायावर व्हावी असा होता आणि तीमध्ये लोकसत्तावादी इतर अनेक नव्या पद्धतींचाही समावेश होता.

दंतकथा असे सांगते की लायकर्गसने, आपल्या नव्या प्रवासाहून परत येईपर्यंत या राज्यघटनेत कोणतेही फेरफार न करण्याबाबत जनतेकडून वचन घेतले. नंतर त्याने स्पार्टा सोडले या प्रवास काळात त्याने अन्नत्यागाच्या मार्गे देहत्याग करण्याचे ठरविले मृत्यूपूर्वी त्याने आज्ञा केली की आपल्या मृत शरिराचे दहन करावे आणि राख समुद्रात टाकावी. आपल्या अवशेषा द्वारा आपण परत आलो असे स्पार्टन लोकानी समजू नये त्यानी वचनास जागावे, म्हणजेच घटनेची चौकट आबाधित राखावी हाच उद्देश त्यामागे होता.

लायकर्गसचे अनेक नियम म्हणजे माणसाच्या शहाणपणाचे आदर्श नमुनेच होते. आपल्या दृष्टीने त्यातील महत्त्वाचे हे की या नियमाद्वारे माणसाच्या शारीरिक विकासाकडे खास लक्ष दिले गेले आहे. त्यामार्फत स्पार्टामधील जीवनक्रम अतिशय काटेकोरपणे नियंत्रित करण्यात आला. लायकर्गसच्या वटहुकुमाद्वारे खाजगी संपत्तीवर मर्यादा घातली गेली आणि देशातील नागरिकानी संयमी व सुदृढ जीवन कंठावे असे सांगितले गेले. सैनिक म्हणून अगदी मरेपर्यंत राहण्याची आणि देशाने पुकारलेल्या प्रत्येक युद्धात भाग घेण्याची जबाबदारी सर्व स्पार्टन लोकांवर होतीच. तसेच संसारी जीवनाकडे जादा लक्ष देण्यापासूनही त्याना परावृत्त करण्यात आले. त्यानी फक्त सिसिस्टिआमध्ये (एकत्रित जेवण्याच्या ठिकाणी) भोजन करणे जरूर होते. प्रत्येक स्पार्टन नागरिकास त्यांच्या वयाच्या सातव्या वर्षापर्यंत, अनुभवी शिक्षकांची देखरेख असणाऱ्या राष्ट्रीय शाळेत शिकणे आवश्यक ठरले. स्पार्टाची शिक्षणविषयक ही कडक यंत्रणा सर्वव्यापी ठरली.

असे दिसते की शिक्षणाची मूलतत्त्वे प्रस्थापित करण्यात व ती निर्दोष करण्याच्या कामी लायकर्गस सफल तर झालाच पण आपल्या कल्पनांचा प्रसारही त्याने यशस्वीपणे केला. दंतकथा पुढे सांगते की एकदा लायकर्गसने

कुत्र्याची दोन पिले घेऊन ती एका खोल खड्ड्यात ठेवली. खड्ड्यात कोणीही व कधीही उतरले नाही आणि सारा अन्नपुरवठा दोराच्या सहाय्याने केला गेला. त्याच कुत्रीची आणखी दोन पिले मात्र मोकळ्या वातावरणात वाढविण्यात आली व त्याना माणसांसह इतर प्राण्यात मुक्तपणे वावरण्याचे स्वातंत्र्य दिले गेले. पिले मोठी झाल्यावर लोकांच्या मोठ्या समुहापुढे लायकर्गसने एक प्रयोग केला. त्याने एक ससा या कुत्र्यांपुढे मोकळा सोडला. लायकर्गसच्या अपेक्षेनुसारच पुढील घटना घडली. जे पिलू स्वातंत्र्यात वाढले होते त्याने लगेच सशाचा पाठलाग करून त्यास पकडले आणि ठार केले. खड्ड्यात वाढलेले पिलू मात्र वेगळ्याप्रकारे वागले. आपल्या भावास त्याने मदत तर केली नाहीच पण ते सशापासून दूर पळाले. स्वभावाची जडणघडण करण्यात शिक्षणाचे काय महत्त्व आहे हे दाखविण्यासाठी याखेरीज दुसरे कोणते प्रभावी प्रात्यक्षिक असू शकेल? जर ही दंतकथा नसून सत्य घटना असेल तर प्रायोगिक अध्यापनशास्त्राच्या जनकत्वाचा मान लायकर्गसकडेच जावयास हवा.

लायकर्गसला शिष्यपरंपरा अवश्य मिळाली. बालकाचे भावी व्यक्तिमत्त्व घडविण्यात त्याच्या बालपणीच्या काळास कोणते महत्त्व असते या गोष्टीकडे शास्त्रज्ञानी आणि शिक्षणतज्ज्ञानी फार पूर्वीपासून लक्ष दिले आहे. आजही लायकर्गसच्या तत्त्वाना मानणारे तज्ज्ञ आपणात आढळतात खरे, पण अगदी लहान मुलाना शिक्षण सक्तीचे करण्याची जोखीम कोणत्याच देशाने पत्करलेली नाही.

हे खरेच की सारे आईबाप मुलांवर जिवापलिकडे प्रेम करतात आणि त्याना जीवनातील अनेक अडचणी, धोके व्याधी-उपाधी आणि इतर संकटांपासून जपत असतात. यासाठी पडेल तो त्याग करण्यास ते तयार असतात. आईबाप यापेक्षा काही वेगळ्या प्रकारे वागणे शक्य आहे का? एखाद्याने आपल्या मुलावर प्रेम करणे हे अगदी नैसर्गिक आणि सहज समजण्याजोगे आहे. यापेक्षा वेगळ्या तऱ्हेची वागणूक आईबाप आपल्या मुलास देत असतील असा विचारसुद्धा मनास शिवणार नाही. तथापि, आईबाप याबाबत अतिरेक करतात आणि त्यातूनच आपल्या लाडक्या मुलाचे कधीही भरून न येणारे नुकसान करतात.

प्रायोगिक निष्कर्ष असे सांगतात की उंदराना ते लहान असताना अधून-

मधून जर थंडीत ठेवले तर ते पुढे थंडीचा उत्तम प्रकारे प्रतिकार करतात. तसेच, अशाच प्रकारे ते भूक, तहान अधिक काळ सहन करू शकतात. पाळीव जनावरांच्या पाडसाना अशा प्रकारे वागणूक देऊन त्यांच्या काही सवयी बदलता येतात. म्हणूनच, नव्याने जन्मलेल्या पाडसाना, बछड्याना आणि पिलाना मुद्दाम थंडीत उघडे ठेवण्याची प्रथा शेतकऱ्याना नवी नाही. यामुळे तपमानातील फेरफार सहजगत्या अंगवळणी पडतात आणि मोठेपणी त्यांच्यात उत्तम प्रतिकारशक्ती निर्माण होते.

आपल्या मुलाना अशा प्रकारे वागविले तर त्यांचा नक्कीच फायदा होईल. पण त्यांच्या हितासाठी कडक न वागता अगदी क्षुल्लक अडचणींसुद्धा आपण त्याना भासू देत नाही, त्याना काहीही प्रयत्न करू देत नाही. असे वागून आपण त्याना विविध अनुभवांपासून वंचित करतो. असे वागताना पालकाना वाटते की मूल जसजसे मोठे होईल आणि शहाणे होत जाईल तसतसे ते स्वतःहून आडीअडचणीना तोंड देण्यास शिकेलच. ही वृत्ती खरोखरच एवढी भयंकर आहे: "पालकांनो, आज्यानो आणि आजोबानो, हा काय खेळखंडोबा चालविला आहे? मुलाच्या नैसर्गिक विकासाआड का म्हणून येता?" असे एखाद्यास ओरडावेसे वाटले तर त्यात नवल असे काहीच नाही.

या ओरडण्यामागे खरोखरीच अगदी सबळ कारणे आहेत. कोणतेही कौशल्य, साधना, ज्या वयात ती सहजगत्या, उत्कृष्ठरीत्या आणि अधिकांशाने आत्मसात करता येते त्याच वेळी ती शिकली पाहिजे. पुढे तेव्हातरी ती आत्मसात करणे कधीही शक्य नसते, कितीही कसून प्रयत्न केले तरीसुद्धा. हे खरे आहे की मुलांची वाढ अथवा विकास कशाप्रकारे होतो याचे फारच थोडे ज्ञान आपणास आहे, पण प्राण्यांच्या बाबतीत मात्र भरपूर माहिती उपलब्ध आहे. निम्न स्तरांवरील आणि विकसित प्राण्यांच्या नवजात पिलांमध्ये वर्तन अथवा प्रवृत्तीविषयक अगदी अचूक आणि तपशीलवार कार्यक्रम असतो, त्याच्या अभावी ती जगूच शकणार नाहीत. साऱ्या सस्तनवर्गी पिलाना दूध कसे शोषावे याची माहिती असते. अंड्यातून जन्मणाऱ्या साऱ्या शावकाना पालकानी अन्न भरावे यासाठी तोंड वासण्याचे ठाऊक असते. बदकांची पिले, हंसांची पिले, कोंबड्यांची पिले आणि खूरयुक्त चतुर्पादांची पिले जन्मतःच आईच्या पाठोपाठ जातात. सर्वच नवजात पिलाना संकटसमयी आसरा घेण्याचे ज्ञान असते.

वागणुकीच्या या साऱ्या गुंतागुंतीच्या क्रिया केवळ आपोआपच घडतात

असे नसून विशिष्ट अशा उद्दीपक कारणांमुळे जागृत होतात. मार्जार वर्गातील सारी पिले (सिंहाचे छावे, वाघाचे बच्चे, मांजराची पिले, इ.) त्यांच्या तोंडास आईच्या केसांचा स्पर्श होताच दूध पिण्यास सुरुवात करतात. जेव्हा खूरयुक्त प्राण्याच्या पिलास सावलीची जाणीव होते तेव्हा दूध पिण्याच्या त तयारीने ते लगेच मान वर करते. मादी पिलानजीक उभी राहिली असता प्रत्येक वेळी हे नसर्गिकपणे घडून येते. पक्ष्यांमध्येही हाच प्रकार आढळतो. जेव्हा जेव्हा घरट्याच्या तोंडाशी छायेमुळे किंवा इतर कारणामुळे अडथळा जाणवतो किंवा घरटे थोडेफार हलते, तेव्हा तेव्हा पिले तोंड उघडून प्रतिसाद देतात. तसेच आईबापानी धोक्याचा इशारा देताच पिले आश्रय घेतात.

प्रत्येक प्राण्यासाठी निसर्गाने त्याच्या वागणुकीबाबत अगदी तपशीलवार कार्यक्रम आंखला खरा पण त्यात जाणून बुजून ठिकठिकाणी अनेक उणीवा ठेवल्या. मध्य आशियातील बकरीचे (Ovis Amen) उदाहरण घ्या. त्यांची पिले एखाद्या हालत्या-चालत्या वस्तूपाठोपाठ आपोआप जावू लागतात, कारण आपण नेमके कोणापाठोपाठ गेले पाहिजे याची त्याना मुळीसुद्धा कल्पना नसते. हा निव्वळ योगायोग नाही. वागणुकीच्या कार्यक्रमातील प्रत्येक तपशील जर कडकपणे पक्का केला तर उत्क्रांतीचे पाऊल पुढे पडणारच नाही.

उदाहरणार्थ, ह्या बकरीत प्रत्यक्ष उत्परिवर्तन होऊन रंगात बदल (सर्वत्र अथवा काही भागापुरता), केसांची जाडी किंवा लांबी कमीजास्त होणे असे बदल घडून आल्यास हे नवे गुणधर्म, ज्या पिलामध्ये आईच्या स्वरूपाबाबत पक्क्या कल्पना आहेत त्यामध्ये वंशपरंपरेने कधीच येणार नाहीत. म्हणजेच असे पिलू आईस ओळखणार नाही आणि त्यामुळे मरण्याशिवाय त्यापुढे दुसरा पर्याय राहणार नाही. संकरामुळे निर्माण होणारे नवे गुणधर्म पिलामार्फत पुढच्या पिढीकडेही जाणार नाहीत. पिले आपल्या आईला ओळखण्यास शिकतील आणि अल्पावधीत आईचे छत्र मिळवतील याची निसर्गाने खातरजमा करून घेतली. अर्थात, अशा प्रकारचे ज्ञान एका दृष्टिक्षेपातच मिळविले जाते आणि ते दीर्घ काळ किंबहुना आयुष्यभर टिकविले जाते.

शिकण्याच्या या पद्धतीस मनावर ठसवण्याची पद्धत म्हणतात. आयुष्याच्या एका विशिष्ठ कालखंडातच ती शक्य असते. अंड्यातून नुकतेच बाहेर पडलेले पिलू अगदी प्रथमतःच जी हलतीचालती वस्तू दिसेल तीस आई मानेल आणि ती खरोखरीच आई आहे का फुटबॉल आहे की कुत्र्याचे पिलू आहे

का यांत्रिक खेळणे आहे, याचा विचार न करता त्यामागोमाग चालू लागेल. अंड्यातून बाहेर पडल्यानंतरच्या पहिल्या पाच सहा तासांच्या अवधीत पिलू ज्या हालत्याचालत्या वस्तुमागोमाग जाईल तीबाबत अगदी तीव्र आसक्ती किंवा प्रेम त्याच्या मनात निर्माण होईल. मग ती वस्तू त्याची खरी आई असो वा नसो. पण ही आसक्ती कायमची टिकणारी नसते. मनावर उत्तम प्रकारे व कायमपणे ठसण्याचा काळ जन्मानंतरच्या तेरा ते सतरा तासांचा असतो, त्यानंतर नाही. तीस तासाच्या पिलावर काहीही ठसणार नाही आणि ते जरी खऱ्या आईबापांबरोबर वावरत असले तरी पोरकेच ठरेल.

कोणाच्यातरी किंवा कशाच्यातरी मागोमाग जाण्याची ही वृत्ती म्हणजे एक गुंतागुंतीची क्रिया आहे. पिले आईबापांच्या मागोमाग आपोआप पळत सुटतात एवढे साधे स्वरूप ह्या क्रियेचे नाही, तर त्यांच्यापासून ठराविक अंतरावरूनच चालतात. त्यामुळे पिलाना आपली आई योग्य प्रकारे पाहता येते, म्हणूनच हंसाची पिले, आकाराने मोठ्या असणाऱ्या आईमागोमाग ठराविक अंतर ठेऊन जातात पण तीपेक्षा लहान आकारातील "दत्तक पिले" आईमागोमाग तिला अगदी खेटून चालतील.

कोन्‌रॅड लोरेंट्झ या ऑस्ट्रियन प्राणिशास्त्रज्ञाने याबाबत एक अतिशय वास्तवदर्शी प्रयोग केला. काही हंसाच्या पिलांचा तो "आई" बनला. जेव्हा जेव्हा लोरेंट्झ बागेत फिरत असे तेव्हा पिले ठराविक अंतर राखूनच त्याच्या मागोमाग जात. पण लोरेंट्झने पाण्यात प्रवेश करून हळूहळू अंग बुडविण्यास सुरुवात केली तेव्हा मात्र पिले अगदी त्याच्यानजिक आली आणि पाण्याबाहेर फक्त डोके राहिले असता चक्क डोक्यावर चढण्याचा प्रयत्न करू लागली.

प्राण्यास वेळच्या वेळी आणि पद्धतशीरपणे जर शिक्षण दिले नाही तर त्याचे सारे आयुष्य बरबाद होते. अशी उदाहरणे काही कमी नाहीत. लहानपणीच वेगळे किंवा पोरके झालेले मेंढरू पुढे कळपात कधीच राहणार नाही आणि कळपाच्या नियमानुसार वागणारही नाही. तसेच इतर जातभाईंशी संबंध ठेवणार नाही की स्वतःचे कुटंब करणार नाही. थोडक्यात, असे मेंढरू कुचकामाचे ठरते. मेंढ्यांचे प्रजनन करणाऱ्या ऑस्ट्रेलियन मेंढपाळाना याची चांगली माहिती असून अशा कुचकामी मेंढरास ते निर्दयपणे ठार मारतात.

आणखी एक वेधक उदाहरण म्हणजे कुत्र्याचे. माणसाळलेला हा पहिला

प्राणी असून तो माणसाचा अगदी निस्वार्थी आणि एकनिष्ठ सोबती आहे. मक्सिम गोर्कीनी लिहिले आहे, "आपणास ठाऊकच आहे की अगदी जिवलग मित्रापेक्षाही कुत्रा कित्येकदा अधिक प्रामाणिक ठरतो..." यात सत्य नाही असे कोण म्हणेल?

असे सहजच वाटेल की माणूस आणि कुत्रा या दोघांच्या हजारो वर्षांच्या सहवासातून ही मैत्री विकसित होत गेली. पण वस्तुस्थिती तशी नाही. कुत्र्याची आपली जी मैत्री आहे ती अधिककरून मनावर ठसविण्याच्या पद्धतीमुळे आहे. माणसाचा आवाज, आकृती, वास अशा खास वैशिष्ट्यांपासून कुत्र्याच्या पिलास सुरुवातीपासूनच जर वेगळे ठेवण्यात आले तर ते फार तर पाळलेल्या कोल्ह्याप्रमाणे वागेल पण माणसावर विश्वास ठेवणारा आणि सच्चा मित्र कधीच ठरणार नाही.

मनुष्यजातीच्या वाटचालीत त्याच्या या खास मित्राने केवढी महत्त्वाची भूमिका बजावली आहे याचा अंदाजच लागणार नाही. अगदी लहानपणीच आपल्या जातीतल्या प्राण्यांशी आणि इतरांशी संबंध प्रस्थापित करण्याचा आश्चर्यजनक गुण जर कुत्र्यांमध्ये नसता तर मानवी समाजाची प्रगती कशी खुंटली असती याची कल्पना करणे अशक्य आहे. "माणसाला त्याच्या जीवनक्रमाची सुरुवात करून देण्यास कुत्राच कारणीभूत ठरला आहे" असे मॉडेस्ट बग्दानोव या १९ व्या शतकातील रशियन प्राणिशास्त्रज्ञाने म्हटले आहे. या त्याच्या अर्थपूर्ण उद्‌गारांशी कोण बरे सहमत होणार नाही?

प्राण्यांतील कित्येक सवयी किंवा वागण्याच्या पद्धती एवढ्या सफाईदारपणे त्याच्याशी निगडित असतात की त्या अगदी जन्मजात वाटाव्यात. पक्ष्याला घरटे बांधण्याची कला कोणीच शिकवित नाही. पण बसण्यासाठी सपाट अशा उंच जागा असणाऱ्या पिंजऱ्यात जर पिलास वाढविले तर उत्तम घरटे बांधण्यात ते कधीच वाकबगार होणार नाही. पिंजऱ्यातील सपाट, उंच स्थानांऐवजी जर त्यात वेड्यावाकड्या फांद्या, डहाळ्या आणि काटक्या ठेवल्या तर मात्र वेगळा प्रकार दिसून येईल. पक्षी दिवसभर उड्या मारीत राहील आणि बांधण्यास उपयोगी ठरणाऱ्या हालचाली पायानी कशा करता येतील याचे शिक्षण घेईल. पुढे घरबांधणीच्या वेळी हे शिक्षण त्याना उपयोगी पडते.

गाणे म्हणणाऱ्या पक्षांच्या बाबतीतही असेच म्हणता येईल. गाणे म्हणता येणे ही एक उपजत प्रतिक्रिया खरी पण उत्तम गायक बनण्यास त्या पक्षाने

स्वजातीयांचा आवाज एकदा तरी ऐकला पाहिजे. एखादा पक्षी स्वजातीयांसमवेत वाढला नाही तर त्यांच्यासारखे तो गाणार नाही. गाणे म्हणण्यास शिकणे हा सुद्धा मनावर ठसवण्याच्या क्रियेचाच प्रकार म्हटला पाहिजे.

समुद्रातील काही जातींच्या माशांची पिले, समुद्रास जोडलेल्या नदीत किंवा तळयात (म्हणजे गोड्या पाण्यात) वाढतात आणि तेथेच बालपण घालवितात. तरुणपणी ती समुद्रात शिरतात आणि जन्मस्थानापासून हजारो मैल दूर जातात. दूरवरच्या समुद्रप्रदेशात ती कित्येक वर्षे घालवितात आणि पूर्ण वाढ झाल्यावरच आपल्या जन्मस्थानी म्हणजेच नदीकडे परततात. समुद्रातून हा परतीचा मार्ग ते कसा शोधून काढतात हे गूढ असून त्याचा पुरेसा अभ्यास झालेला नाही. नेमकी हीच ती आपली नदी, हीच ती बालपण घालविलेली उपनदी आणि हाच तो ओहळ जिथे आपला जन्म झाला हे सारे ज्ञान त्याना कसे होते? याबाबत केलेल्या अभ्यासातून असे निष्पन्न झाले की प्रत्येक नदीचा एक विशिष्ट वास असून तो तीमधील वनस्पती आणि प्राणी यांवर अवलंबून असतो. मासे हा विशिष्ट गंध वर्षनुवर्षे लक्षात ठेवतात. मनावर ठसविण्याच्या क्रियेचे हे एक उल्लेखनीय उदाहरण म्हटले पाहिजे.

आपल्या स्वतःच्या मुलांच्या जीवनातसुद्धा एक विशिष्ट काळ हा काही महत्त्वपूर्ण कलाकौशल्ये आणि सवयी बाणविण्यास फार अनुकूल असतो. अगदी छोटया बालकामध्ये हसण्याची प्रतिक्रिया होण्यामागेसुद्धा मेंदूतील यंत्रणा आणि मनावर ठसण्याची क्रिया यांचा कोणता ना कोणता तरी संबंध असलाच पाहिजे.

वयाच्या पहिल्या सहा वर्षातच मुलाना बोलण्यास शिकविणे शक्य असते. अगदी प्राचीन काळच्या लोकानासुद्धा याची जाणीव असावी असे दिसते. पंचवीस शतकांपूर्वी, सव्विसाव्या राजघराण्याचा संस्थापक सामेटिकस नामक इजिप्शियन राजा होऊन गेला. येरोडोटसच्या म्हणण्यानुसार या सामेटिकस राजाने एकदा सर्वात प्राचीन लोक कोणते हे शोधण्याचे ठरविले. त्यासाठी एका छोटया शेतकऱ्याची दोन अर्भके त्याने एका मेंढपाळास वाढविण्यास दिली आणि मुलांसमोर बोलावयाचे तर नाहीच पण त्यांच्या दृष्टीसही कोणी पडता कामा नये अशी सक्त आज्ञा त्याने केली. पूर्णपणे अलग अशा एका झोपडीत मुलाना ठेवले गेले. त्यांच्या दृष्टीस पडणारा एकुलता एक प्राणी म्हणजे तो मेंढपाळच आणि तोसुद्धा ठराविक वेळी खाणेपिणे देण्यापुरता

आणि तशीच अत्यावश्यक कामे करण्यापुरताच येत असे. ही मुले अगदी प्रथम कोणत्या भाषेतील शब्द उच्चारतील हे जाणून घेण्यासाठी हा निष्ठूर प्रयोग करण्यात आला. कोणते लोक सर्वात प्राचीन हे दाखविण्याचा त्यामागे हेतू होता.

वीस शतकानंतर असाच पण मोठ्या प्रमाणात आणखी एक प्रयोग जलालउद्दीन अकबर या हिंदुस्थानच्या बादशहाने केला. अगदी पहिल्या माणसानी कोणती भाषा बोलली या संबंधीचा वाद बादशहा व त्याच्या उमरावात निर्माण झाला. सामेटिकसप्रमाणेच त्याचा प्रयोग होता. बारा नवजात अर्भकाना त्यांच्या आयांपासून वेगळे केले गेले आणि एका हवेलीत ठेवण्यात आले. त्यांच्या स्तनपानार्थ मुक्या दायांची नेमणूक केली गेली. अशा प्रकारे एकही शब्द ऐकू न देता बारा वर्षांपर्यंत ती वाढविण्यात आली.

यानंतर या मुलांची परीक्षा घेण्याचे अकबराने ठरविले. त्यासाठी निरनिराळ्या भाषा जाणणारे तज्ज्ञ बोलाविण्यात आले. तथापि, अपेक्षेनुसार काही घडले नाही. कोणत्याही प्रचलित भाषेत मुलाना बोलता आले नाही. अस्फूटशा आवाजांच्या आणि हावभावांच्या सहाय्यानेच ते एकमेकाना जाणून घेत होते.

ही दंतकथा खऱ्या वस्तुस्थितीवर आधारलेली आहे की खोटया हे सांगणे कठीण आहे. पण प्रयोगाचे निष्कर्ष पाहता ही घटना खरोखरीच घडली असावी असे म्हणावेसे वाटते. मोठ्या माणसांपासून अलगपणे वाढलेल्या आणि बालपणी भाषेपासून वंचित केल्या गेलेल्या मुलांची अशी जी जी उदाहरणे शास्त्रज्ञाना माहीत आहेत ती सारी मुले कोणतीही भाषा बोलण्यास असमर्थ ठरली आहेत. अशा उदाहरणांचे आता आश्चर्य राहिलेले नाही. मुले मोठ्यांपासून बोलण्यास शिकतात हे फार पूर्वीपासूनच माहीत आहे. खरे आश्चर्य हे की अशा मुलाना बोलण्याची क्रिया कधीच आत्मसात करता येत नाही. आणि मोठेपणीही ते जमत नसल्यामुळे सर्व आयुष्यभर ती मानसिकदृष्टया मंदबुद्धीची ठरतात.

आता हे सिद्ध झाले आहे की मुले पहिल्या सहा वर्षातच बोलण्यास शिकतात, पुढे असमर्थ ठरतात. माणसाने बालवयातच एका भाषेवर प्रभुत्व मिळविले तर त्यास दुसऱ्या भाषेचेही ज्ञान मिळविता येते, त्यानंतर तिसऱ्या, चौथ्या आणि पुढे दहा बारा भाषाही शिकणे शक्य असते. मात्र बोलणे शिकण्याचा जो अत्यंत अनुकूल काळ असतो तो एकदा गमावला की उत्तमातला उत्तम शिक्षक जरी नेमला तरी त्याचे प्रयत्न निष्फळ ठरतात.

टॅलिरँड या फ्रेंच राजनीतिज्ञाचे एक सूत्ररूप वाक्य नेहमी उद्धृत केले जाते. तो म्हणतो की "आपले विचार छपविण्यासाठी माणसास बोलणे मिळालेले आहे." यामध्ये अजिबात तथ्य नाही असे नाही, पण कल्पनांची देवघेव करण्याची गरज माणसात उपजतच आहे. अकबराच्या प्रयोगातील मुले एकमेकाना हावभावांच्या सहाय्याने का होईना, पण समजून घेत होतीच. म्हणजे ती दंतकथा खरीच असावी याचा हा आणखी एक पुरावा ठरतो. काही असो, जेव्हा दोन बालकाना, माणसांशी भाषेद्वारे संबंध न आणता वाढविले जाते तेव्हा ती न चुकता खास स्वतःची अशी भाषा तयार करतात. या भाषेचा मातृभाषेशी किंवा कोणत्याच भाषेशी सुतराम् संबंध नसतो. साधेसुधे आवाज (चीत्कार) आणि हावभाव असेच बहुधा तिचे स्वरुप असते.

अशाच एका प्रयोगाचा बारकाईने अभ्यास केला असता आढळून आले की अशा प्रकारे जी "भाषा" अस्तित्वात आली तीमध्ये मूलभूत स्वरुपाचे एकंदर एकवीस हावभाव आणि त्यांची संयुक्त रूपे होती. मुलांच्या वयोमानानुसार जी जी माहिती त्याना होत होती ती सारी माहिती या हावभावांच्या सहाय्याने एकमेकाना सांगता येत होती. अशा प्रकारे आपली स्वतःची भाषा मोठ्या श्रमाने, कौशल्याने तयार करणारी मुले, बोलली जाणारी कोणतीच भाषा शिकण्यास असमर्थ ठरतात. तथापि, त्याना वेगळे करून ज्या प्रकारे ते एकमेकांशी जवळिक साधत ते बंद केले तरच बोलती भाषा शिकणे शक्य असते.

आयुष्याची सुरुवातीची काही वर्षे विशेष महत्त्वाची असतात. त्या काळात मुलाच्या मेंदूची वाढ होत असते. मेंदूतील पेशींचे नाते पक्के होण्याची हीच वेळ असते आणि अशा परिस्थितीत साऱ्या मेंदूत अनेक फेरफार घडणे क्रमप्राप्त असते.

जेव्हा मुले आईबापांच्या सहवासात असतात तेव्हा मातृभाषेवर सहजगत्या आणि नैसर्गिकपणे त्याना प्रभुत्व मिळविता येते. मुलाच्या सभोवताली वेगवेगळी भाषा बोलणारे लोक वावरत असतील तर मूल त्या साऱ्या भाषा बोलण्यास शिकते. अशी संधी ज्याना मिळत नाही त्याना शालेय आणि उच्च शिक्षणाच्या कालात फार कष्ट पडतात. ते परकी भाषा अस्खलितपणे बोलू शकत नाहीत. म्हणूनच परकी भाषा शिकण्यास जेवढे लहान वय असेल तेवढे चांगले.

जेव्हा कोणाचे तरी वेड लागते!

येलिझावेता सेर्गेयेवना द्राचीनस्कया ही केवळ एक सुंदर स्त्री आणि उत्कृष्ठ शल्यविशारदच नव्हती तर विद्वत्तापूर्ण व्याख्याने देण्यातही तरबेज होती. ती एक उत्साही घोडेस्वार तर होतीच पण वाङ्मय आणि कलांबद्दल तिला विलक्षण प्रेम होते. ज्ञानाच्या सर्व क्षेत्रात अशा प्रकारे संचार असल्यामुळे तिची व्याख्याने मोठी मनोरंजक ठरत. या व्याख्यानाना विद्यार्थ्यांबरोबरच अध्यापक आणि डॉक्टरवर्गही हजेरी लावत असल्यास त्यात नवल नाही.

विज्ञान आणि संस्कृतीच्या क्षेत्रात फ्रेंच लोकानी बजावलेल्या महान कामगिऱ्यांशी द्राचीनस्कया विशेष परिचित होती आणि त्या महान देशातील बुद्धिवंतांबद्दल तिला विशेष कौतुक वाटे. प्रत्येक व्याख्यानाच्या वेळी, फ्रान्सच्या महान शास्त्रज्ञांची कामगिरी सांगण्याची संधी ती कधीच दवडत नसे आणि मग केवळ शास्त्रज्ञच नव्हे तर साऱ्यांचाच उल्लेख होई. उदाहरणार्थ, जेव्हा निर्जंतुप्निकरणावर व्याख्यान असे तेव्हा अर्थातच ती लुई पाश्चर आणि त्यांच्या सहकाऱ्याच्या कार्याबद्दल बोलत असे; नंतर सहजच सोर्बोनचे कार्य विशद करे पण नंतर गाडी अचानक जाँ पॉल सार्त्र आणि लुई अरगोनकडे वळे. विज्ञान आणि कला यांचे आश्चर्यजनक संबंध तिला नेहमीच सापडत.

अशा या काव्यमय विषयांतरामुळे श्रोतृवृंद अगदी मंत्रमुग्ध होई. व्याख्याती आणि श्रोते या दोघानाही वेळेचे भान राहत नसे. मात्र वेळ संपल्याची घंटा जेव्हा वाजे तेव्हा विषय आटोपता घेऊन काहीशा लज्जित स्वरात येलिझावेता सेर्गेयेवना म्हणे, "खरेच, फ्रेंच लोकांबद्दल मी किती वाहवत गेले नाही?"

एकाच आणि त्याचत्याच विषयाकडे पुन्हा-पुन्हा आपले विचार वळण्याच्या प्रवृत्तीस, शरीरशास्त्रज्ञ "वर्चस्वाचा परिणाम" असे म्हणतात. सोप्या भाषेत असे म्हणता येईल की अनेक कारणांमुळे जादा किंवा फाजील संवेदनशीलता असणारी जागा मेंदूमध्ये निर्माण होते आणि उर्वरित भागातील साऱ्या संवेदनाना आपणाकडे खेचून स्वतःचे काम तीव्रतेने करू लागते.

प्रत्येकास अशा वर्चस्वाचा एकदा किंवा अनेकदा अनुभव आला असेलच. जेव्हा आपण एखाद्या कोणत्यातरी महत्त्वाच्या कामात—उदाहरणार्थ परीक्षे-

च्या तयारीत किंवा नाटकातील नव्या भूमिकेच्या तालमीत – व्यग्र असतो तेव्हा दुसऱ्या कशाचा तरी विचार मनात आणणे अवघड किंवा अशक्यच होते. मेंदूच्या कार्याचे हे फार महत्त्वपूर्ण वैशिष्टय आहे. त्यामुळे आपणास सारी शक्ती विशिष्ट कार्यावर केंद्रित करता येते. आयुष्याच्या विशिष्ट कालखंडात अंगिकारलेल्या एखाद्या कामास अग्रक्रम देण्याच्या वेळी हे वैशिष्टय फार उपयोगी पडते.

वर्चस्वाचा आविष्कार माणसात अनेक कारणांमुळे प्रभावी ठरतो. ज्वलंत देशभक्तीची जाणीव, एखाद्या कामाबाबत मनस्वी वेड, प्रियतमेबद्दल वाटणारे गाढ प्रेम, मातृत्वाची विलक्षण ओढ अशी विविध कारणे त्यामागे असू शकतील. एकदा असे वर्चस्व निर्माण झाल्यावर अडचणीवर मात करण्यासाठी आणि संकटाना तोंड देण्यासाठी माणूस अंगच्या कौशल्याचा, बुद्धिमत्तेचा पूर्णपणे वापर करतो. रशियन क्रांतिकारकानी तुरूंगवास आणि हालअपेष्टांच्या खडतर जीवनातसुद्धा आपला आशावाद सोडला नाही आणि संधी मिळताच झारशाहीविरुद्धचा लढा सुरूच ठेवला. हे कशामुळे झाले? जनसामान्यांबद्दलच्या अपार प्रेमाने जो वर्चस्व-परिणाम निर्माण झाला त्याचाच हा चमत्कार! अशाच वर्चस्व स्थितीने जागतिक महायुद्धातही विलक्षण करामत केली. त्यामुळेच सैनिकाना कशाचे म्हणून भय वाटेनासे झाले, थंडी, ऊन, पाऊस आणि तहानभूक याना त्यानी दाद दिली नाही, कष्टांची पर्वा केली नाही आणि देशाला युद्धाच्या खाईतून बाहेर काढण्यासाठी सारे सामर्थ्य पणाला लावले.

तथापि, वर्चस्वाचा परिणाम नेहमीच उपयुक्त नसतो. क्षुल्लक कारणामुळे निर्माण होणाऱ्या वर्चस्वाने साऱ्या मेंदूचे कार्य व्यापले गेले तर अधिक महत्त्वाच्या कार्यात ते ढवळाढवळ करेल.

वर्चस्वाच्या परिणामामुळे एखादी व्यक्ती कित्येकदा अतिशय पक्षपाती होते, इतर बाजूंचे तिला भानच राहत नाही. तरुण आया, आपल्या लक्षातही येणार नाही एवढ्या धूर्तपणे आपल्या मुलांची इतरांशी तुलना करून आपलाच "बाळ्या" कसा शाहणा हे इतराच्या मनावर ठसवत असतात.

ज्ञात झालेल्या माहितीची कसून निवड करण्याच्या वृत्तीमुळे हे घडते. कोणीही व्यक्ती स्वतःस जरूर तेवढ्या माहितीचीच निवड करते, किंवा, भुस्सा टाकून दाणे तेवढेच निवडत असते. दुर्दैवाने इतर अनेक माहितीचा ती वापरच करीत नाही.

एखादा वर्चस्व-परिणाम महिनोंमहिने किंवा वर्षानुवर्षे टिकतो. अशा माणसास फारच थोड्या कामात गोडी वाटते आणि त्याचा विकास एकांगी होतो. त्याच्या नोकरीत वा कामात तो फार उपयुक्त ठरेल पण हे वागणे एककल्लीच ठरते. आपल्या कामापुरता तो तज्ज्ञ ठरतो खरा पण इतर अनेक बाबतीत तो कमालीचा अज्ञानी राहतो. याउलट, निरनिराळ्या वर्चस्व-परिणामांचे एकत्रित असे एकच प्रभावी वर्चस्व-केंद्र तयार झाले तर एखादी व्यक्ती मेंदूत खोलवर रुजलेल्या असंख्य माहितींचा वेळोवेळी अचूक वापर करू शकते. अशा बहुश्रुत माणसाचे रोजचेच व्याख्यान किंवा संभाषण मोठे रसाळ, माहितीपूर्ण आणि ध्यानात राहण्याजोगे असते.

मेंदूच्या सर्वसामान्य कार्यक्रमात वर्चस्व-परिणाम नियमितपणे घडून येतात. अगदी साधेसुधे प्राणीही त्यापासून मुक्त नाहीत. भूक, तहान, संरक्षण, पुनरूत्पादन अशी सामान्य कारणेही त्यामागे असतात. जीवाच्या गरजेनुसार वर्चस्व-परिणामाचा जोर बदलत राहतो. वर्चस्वाचे प्रभावी केंद्र इतर साधेसुधे वर्चस्व-परिणाम नाहीसे तरी करते किंवा आपल्या हुकमतीखाली आणते.

एखादा भुकेला कुत्रा मालकाच्या प्रत्येक हालचालीच्या वेळी थाळीकडे धाव घेईल. कारण त्याच्यामध्ये क्षुधा-वर्चस्व निर्माण झालेले असते. पण त्याच कुत्र्यास अगदी वेगळ्या अपरिचित वातावरणात ठेवले तर जो तहान-भूक विसरून दोन पायात शेपूट घालून बसेल. जेव्हा पुनरूत्पादनार्थ लैंगिक वर्चस्व वाढेल (शरिरातील अंतःस्त्रावी ग्रंथीमधून लैंगिक स्त्राव उत्सर्जित झाल्यामुळे) तेव्हा मात्र भीती, तहानभूक किंवा मालक यापैकी कशाचीही पर्वा न करता त्याच्या साऱ्या क्रिया प्रजोत्पादनाच्या कामावर केंद्रित होतील.

कधी कधी मेंदूत विकृतीकारक प्रक्रियेमुळे दूषित वर्चस्व-परिणाम निर्माण होतो. मध्यत्वचेच्या गोलार्धात तसे घडल्यास अधिक स्थिर स्वरूपाचे विकृतिकारक केंद्र निर्माण होते. या केंद्राची क्रियाशीलता, एक विशिष्ट मर्यादा ओलांडेपर्यंत इतर भागातील वर्चस्व-परिणाम आपणाकडे खेचून घेते. नंतर त्याचे परिणाम विरुद्ध दिशानी पसरत जाऊन सभोवतालचे भाग दूषित होतात. मध्यत्वचेच्या पुढील भागात असे विकृतिकारक केंद्र तयार झाल्यास अपस्माराचे झटके येणे शक्य असते.

अशा विकृतिकारक उद्दीपक केंद्राचे काय परिणाम घडतात याची आपणास फारच थोडी माहिती आहे आणि अतिउद्दीपन केंद्रामुळे काय घडते याचे तर त्यापेक्षाही जास्त अज्ञान आहे. मानवी मेंदूच्या संबंधात हीच



परिस्थिती आहे. न्यू गिनिआच्या जंगली भागात "कुरू" नमाक एक भयंकर रोग आढळतो. फक्त स्त्रिया आणि मुलानाच त्याची बाधा होते. "हसण्या-तून मृत्यू" असा "कुरू" ह्या शब्दाचा अर्थ होतो. मृत माणसाचा चेहरा, हास्याचा जणू मुखवटा घातल्याप्रमाणे दिसतो. प्रथम क्रमाक्रमाने अशक्तता येत जाते, त्यामागोमाग पक्षाघात आणि चेहऱ्याचे स्नायू आखडून मृत्यू येतो. या रोगाचे कारण आणि त्याचा केंद्रबिंदू मेंदूच्या कोणत्या भागात असतो हे अद्यापी ठाऊक नाही.

प्राण्यांची, विशेषत: निम्नस्तर प्राण्यांची मज्जा-यंत्रणा कशी काम करते याची आपणास काहीच माहिती नाही. तथापि, अतिशय विस्मयकारक शोध जर लागणार असतील तर ते याच अज्ञात क्षेत्रात!

भाल्याच्या आकारातील पर्णक्रमी नामक परोपजीवी क्रमींचा गायीम्हशी, शेळयामेंढ्या तसेच माणसानाही फार धोका असतो. हे परोपजीवी क्रमी पाळीव जनावरांच्या यकृतात राहतात पण त्यांची आळी (डिंभ) फक्त मुंगीच्याच पोटात वाढू शकते. पाळीव जनावरे गवताबरोबर या मुंग्याही खातात आणि व्याधिग्रस्त बनतात. मुंग्यांसारखा चळवळया प्राणी जिवंतपणी खाल्लाच कसा जातो याचे फार काळ आश्चर्य वाटत होते. शिवाय, दुषित मुंग्यांची सुंख्याही

अत्यल्पच असणार, फार तर दहा हजारात एखादी. तर मग एक दुषित मुंगी खाल्ली जाण्यासाठी गायीने किती मुंग्या खाल्ल्या पाहिजेत? असा विचार केला तर साहजिकच वाटेल की गायीने केवळ मुंग्यांवरच पोट भरले पाहिजे.

या पर्णक्रमीबरोबर मुकाबला करणे कठीणच असते. त्यांचे अस्तित्व उघडकीस येणे तर अधिकच दुरापास्त आहे. एखाद्या मुंगीमध्ये या क्रमीची आळी आहे की नाही हे पाहण्यासाठी मुंगीचे पोट उघडून, त्यातील पदार्थ वेगळा करून तो सूक्ष्मदर्शकाखाली तपासावा लागेल. त्यामध्ये काही काळे ठिपके आढळतात काय व या सरकॅरियांचा ऊर्फ पुच्छडिंभांचा (आळीच्या वाढीतील एका टप्प्याचे नाव) पोटातून बाहेर पडण्याचा मार्ग सापडतो काय हे पहावे लागेल; त्यानंतरच चरावू कुरण दूषित आहे की नाही ते समजेल.

सरकॅरिया पोटातून बाहेर पडल्यावर जातात तरी कुठे याचा जेव्हा शास्त्रज्ञानी शोध घेतला तेव्हा असे आढळले की त्यापैकी पुष्कळसे पोटातच राहतात पण निदान एक सरकॅरिया मात्र मुंगीच्या उपग्रसनीय गुच्छिकामध्ये जाते. मुंगीच्या मज्जा-संस्थेचा हा फार महत्त्वाचा विभाग होय. मुंगीच्या जबड्याकडे गेलेल्या मज्जांच्या मुळाशी आणि मज्जागुच्छिकेच्या अग्रभागी ही सरकॅरिया मुक्काम ठोकते. तेथे तिचे मेटासरकॅरिया या रूपांतरणाच्या शेवटच्या अवस्थेत रूपांतर होते. सरकॅरियांपैकी कोणती एक गुच्छिकेत जाते, एकच का जाते व इतर साऱ्याना ते कळते कसे याची आपणास काहीच माहिती नाही. परंतु पुढे लक्षात येईलच की मुंगीच्या मज्जा संस्थेतील मुख्य ठिकाणी आपली "वकिलात" असणे हे सरकॅरियांच्या दृष्टीने फार जरूरीचे असते.

अशा या दूषित मुंगीचे भवितव्य जाणण्यास शास्त्रज्ञ फार उत्सुक होते. एखाद्या जीवमात्राचा कीटकाच्या मेंदूत शिरकाव झाल्यास त्याचा एकंदर वर्तनावर काही ना काही प्रतिकूल परिणाम निश्चितच संभवतो. तथापि, बराच काळ लोटला तरी असा काही बदल पहावयास मिळालाच नाही. कालांतराने मात्र लक्षात आले की सभोवतालचे तपमान जोपर्यंत उबदार असते तोपर्यंत अशा दूषित मुंगीची सारी वागणूक इतर मुंग्यांप्रमाणेच असते सहकाऱ्यांप्रमाणेच ती इकडेतिकडे हिंडते, अन्न गोळा करते व वारूळाच्या उभारणीचे सामान आणत असते. थोडक्यात, आपल्या समुदायाच्या साऱ्या

कामात गर्क असते. तथापि, रात्र पडल्यावर हवामान जेव्हा थंड होते तेव्हा सरकॅरियाने घेरलेल्या मुंगीच्या वागणुकीत फरक पडतो. एखाद्या गवताच्या पात्यावर ती टोकापर्यंत चढते आणि पाते जबड्यात घट्ट धरून तशा अवस्थेत सारी रात्र काढते. जबड्याची पकड एवढी पक्की असते की एकवेळ पाते तुटेल पण पकड सुटणार नाही. सकाळी गुरे जेव्हा गवत खाऊ लागतात तेव्हा गवताबरोबर ही दुषित मुंगीही खाल्ली जाते आणि जनावर व्याधिग्रस्त होते. जेवढी हवा थंड तेवढी मुंगीची वरील अवस्था अधिक काळ टिकणारी व त्यामुळे ती खाल्ली जाण्याची शक्यताही जास्त.

हे संशोधन जेवढे मनोवेधक तेवढेचे ते उपयुक्तही आहे. आता शीतपेटिका ऊर्फ रेफ्रिजरेटर उपलब्ध असल्यामुळे त्यात मुंग्या ठेऊन त्यांची वागणूक पाहता येते आणि त्यायोगे कोणती मुंगी दुषित आहे हे कळण्यास मदत होते.

यामुळे कोणते चरावू कुरण दुषित झाले आहे हे लवकरात लवकर समजू शकेल आणि ते वेळीच निर्जंतुघ्न करता येईल. निदान हिवाळ्यात तरी त्याचा वापर बंद ठेवता येईल थंड हवेतच दुषित मुंग्या गवताच्या पानावर चढून तिथून हालत नाहीत व त्यामुळे गुरांकडून खाल्ल्या जातात हे आपण वर पाहिलेच आहे.

शास्त्रज्ञांचे तर्क आणि शंका

आधुनिक जीवशास्त्रापुढे उभे असलेले एक प्रचंड आव्हान म्हणजे स्मृती ऊर्फ स्मरण शक्ती होय. जगात सर्वत्र हजारो शास्त्रज्ञ हे गूढ उकलण्याच्या प्रयत्नात आहेत खरे, पण "काहीही माहीत नाही" एवढीच आज माहिती आहे. स्मृती म्हणजे काय आणि आयुष्यभर कणाकणाने मिळालेले ज्ञान किंवा माहिती मेंदूच्या कोणत्या भागात साठविले जाते याची सुतराम कल्पना नाही. याबरोबरच, मिळालेली सर्व माहिती कोणत्या संकेतरूपात मेंदूत राखली जाते हे समजण्याची नितांत आवश्यकता आहेच. किंवा, असेही म्हणता येईल की मिळणाऱ्या माहितीचे मनःपटलावर मुद्रण करण्यासाठी मेंदू कोणती "शाई, कागद व मुळाक्षरे" वापरतो हे शास्त्रज्ञाना शोधून काढावयाचे आहे.

स्मृतीविषयक जे अनेक अनुत्तरीत प्रश्न आहेत त्यापैकी वानगीदाखल हे काही होत. स्मृतीभांडारातील ज्या विशिष्ट माहितीची मेंदूला गरज पडते ती शोधणे, निवडणे आणि वेगळी करणे ही कामे कशी होतात याचा उलगडा

फार उपयोगीच पडेल. जी जी माहिती मिळते ती सर्वच्या सर्व मेंदूमध्ये जतन केली जाते यात शंकाच नाही, पण उपयोग मात्र फारच थोड्या माहितीचा केला जातो. याचे कारण असे की स्मृतीभांडारातून पाहिजे ती माहिती मिळविण्याची यंत्रणाच जर अपरिपक्व असेल तर कोण काय करणार?

स्मृतीविषयक सांप्रतच्या साऱ्या विचारप्रणालींचे दोन प्रमुख गट पडतात. त्यापैकी "जीवरासायनिक सिद्धांत" असे सांगतो की मेंदूतील माहिती, रिबोन्यूक्लिक अम्लांच्या किंवा तत्सम इतर बृद्ध अणूंवर संकेतबद्ध केली जाते. अशा तऱ्हेच्या जीवरासायनिक संकेतीकरणामार्फत अक्षरशः अमर्याद माहिती जतन करता येते हा विचार, या सिद्धांतास चांगलीच पुष्टी देतो. दुसरा आधारभूत विचार अधिकच प्रभावी आणि तर्कशुद्ध वाटतो. त्यानुसार, अशा प्रकारे (म्हणजे जीवरासायनिक मार्गे) माहिती साठविण्यास अगदी जन्मताक्षणीच सुरुवात होते शिवाय ती एका पिढीकडून दुसऱ्या पिढीकडे सुपूर्त करण्यास निसर्गास मदतच होते, किंवा निसर्ग हीच पद्धत वापरतो.

या साऱ्या प्रकारास अनुवंशिक ज्ञान म्हटले जाते. अगदी काटेकोर नियम आणि अपेक्षानी ते निबद्ध असून प्रत्येक जातीतील वैयक्तिक प्राणी कसा असावा हे त्यायोगे पक्के झालेले असते. यामुळे प्राण्याचे बाह्य स्वरूप आणि त्याच्या इंद्रियांची विशिष्ट कामेच निश्चित झालेली नसून त्याची एकंदर वर्तनप्रवृत्ती अथवा वागणूकही निश्चित स्वरूपाची ठरते. अँट लायन नामक मुंग्याना सापळा कसा रचावा, निःस्तब्धावस्थेत भक्षाची कशी वाट पहावी आणि योग्य वेळी भक्षावर झडप कशी घालावी हे कोणीच शिकवित नाही. किंवा, आपले जाळे कसे व कुठे विणावे हे कोळ्यास कोणी शिकविते काय? पतंगाच्या मादीस आपल्याच जातीचा नर कोणी दाखवून देत नाही, ती इतर चाहत्याना टाळून नेमके त्याला ओळखतेच ना? हे जे उपजत ज्ञान प्राण्याना मिळालेले असते ते त्यांच्या इतर वैशिष्ट्यांएवढेच कायमस्वरूपी असते. म्हणूनच, कोळ्यांचे वर्गीकरण, त्यांच्या आकृतिक स्वरूपानुसार न करता त्यांच्या वर्तनविषयक कसोट्यांवर करावे असे जे वाग्नर नामक रशियन प्राणिशास्त्रज्ञाने सुचविले ते यामुळेच. काही जाती दिसण्यास फारच एकसारख्या असतात हे ध्यानात घेता वाग्नरची सूचना फारच व्यवहार्य ठरते.

उच्चस्तरीय विकसित प्राण्यांच्या आणि माणसाच्या वर्तनविषयक चौकटीचे स्वरूप अंशतः जन्मजात असते. नवजात अर्भकास स्तनपान करण्याचे तंत्र कोणी शिकविते काय? ती त्याची उपजत किंवा सहजप्रवृत्ती असते. अशा

प्रकारच्या अनेक उपजत प्रवृत्ती अस्तित्वात नक्कीच असाव्यात पण त्याबाबत योग्य माहितीचा अभावच आहे.

अलिकडेच ध्यानात आलेल्या एका वस्तुस्थितीमुळे शास्त्रज्ञ फारच बुचकळ्यात पडले आहेत. त्याना असे आढळून आले की अंड्यातून क्षणापूर्वी जन्मलेल्या कोंबडीच्या पिलाना कोणता पक्षी आपला शत्रू आहे व कोण निरूपद्रवी आहे हे सहज कळते. अशा पिलांच्या समोरून भक्षक प्राण्याची ऊर्फ पक्ष्याची "कृष्णछाया" जरी सरकवित नेली तरी पिले अर्धमेलीच होतात पण तीच छाया निरूपद्रवी प्राण्याची असेल तर पिले न घाबरता वावरतात.

याचा अर्थ असा की जन्माला येण्याअगोदरच पिलांच्या मनावर शत्रू पक्ष्याची प्रतिमा कोरली जाते किंवा ठसलेली असते. उघडच आहे की जीवरासायनिक संकेतांद्वारे आईबापांमार्फत पिलाकडे ती सुपूर्त करण्यात येते. जीवरासायनिक मार्गे अशी अनुवंशिक प्रतिमा जर संकेतद्वारे पक्की केली जाते तर प्रत्यक्ष अनुभवातून निर्माण होणाऱ्या ठशांचे अशाच प्रकारे संकेतन का होऊ नये? यापूर्वी अनेक वेळा आपण पाहिले आहे की एखादा चांगला शोध किंवा घटना दृष्टोत्पत्तीस आल्यास निसर्ग त्याचा पुरेपूर वापर करतो. मग याच प्रसंगी त्याने उदासिनता का दाखवावी?

स्मृतीविषयक दुसरा सिद्धांत असे सांगतो की माहिती लक्षात ठेवण्याच्या प्रक्रियेत एक नवी कार्यपद्धती अस्तित्वात येते आणि मज्जापेशींमध्ये नवे संबंध (किंवा जोड) निर्माण होतात. मज्जातील हे सुप्त बंध माणसाच्या आयुष्याच्या अखेरपर्यंत टिकत असतील काय? वृद्धापकालात स्मरणशक्ती मंदावत जाते (नवीन घटना अथवा माहिती लक्षात ठेवण्याची क्षमता कमी होते). यामागे, मज्जासंस्थेतील साठा तोपातो कमी होतो हे तर कारण नसेल ना? यावर गणितज्ज्ञ कोणताच प्रकाश टाकू शकत नाहीत. तथापि, कोणत्याही मज्जापेशीत कित्येक हजार मज्जा-टोके आलेली असतात ही वस्तुस्थिती पाहता, माणसाच्या मेंदूतील मज्जांच्या समुदायांची संपूर्ण माहितीचा साठा करण्याची क्षमता नक्कीच असणार.

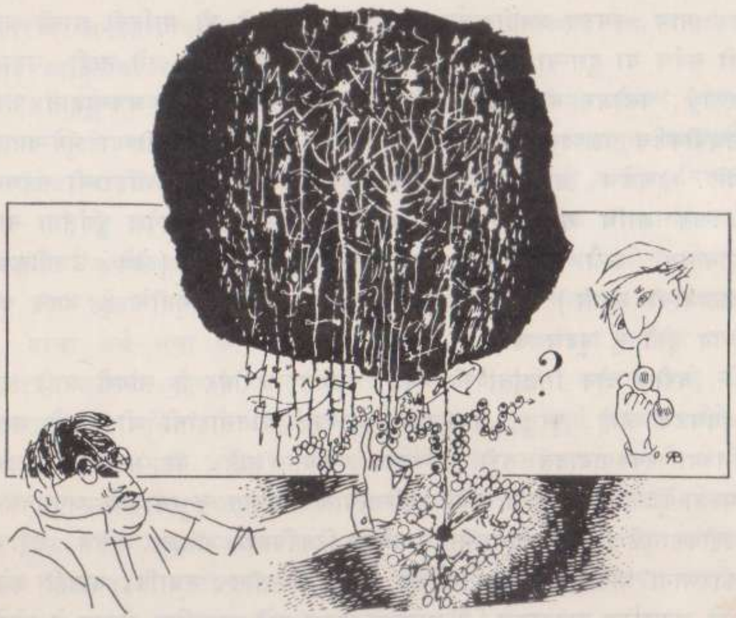
या सिद्धांताच्या पुष्टयर्थ असे म्हटले जाते की उत्क्रांतीच्या ओघात खुद्द मज्जापेशींमध्ये खास असा बदल मुळी झालेलाच नाही. माणसाच्या आणि अगदी निम्नस्तरीय वा अविकसित प्राण्यांच्या प्रत्येक मज्जेत घडून येणाऱ्या जीवरासायनिक प्रक्रिया अगदी एक सारख्याच असतात. जी काही प्रगती झाली ती मज्जा-पेशींची संख्या वाढण्यात आणि मज्जा-संस्थेचे एकंदर सुसूत्रिकरण साधण्यात.

मात्र, स्मरण शक्तीबाबत आज आपणास जी जी माहिती झाली आहे ती सर्वच या दुसऱ्या सिद्धांतास बळकटी आणणारी आहे असे नाही. उदाहरणार्थ, फ्लोअर बीटल या भुंगेऱ्याच्या आळीस एखाद्या चक्रव्यूहात फक्त उजवीकडेच वळण्याचे शिक्षण दिले तर ही सवय पूर्ण वाढीच्या भुंगेऱ्यातही येते. म्हणजेच, आळीचे कोशावस्थेत रूपांतर होते तेव्हा शरिराची संरचना बदलते आणि सर्व मज्जाजोड आणि ९० टक्के मज्जापेशं पूर्णतया नाश पावतात. तरी सुद्धा स्मरणात टेवलेल्या माहितीस (येथे उजवीकडेच वळण्याची स्मृती) जराही धक्का पोहोचत नाही. स्मृतीचे हे जतन कसे काय होते हे गूढच आहे.

वरील दोन सिद्धांतांपैकी नक्की कोणता बरोबर हे सांगणे आज तरी अवघडच आहे. परंतु, अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रतिसादांची जी स्मृती असते तिच्या स्वरूपाबाबत तरी निर्विवाद एकमत आहे. या मतप्रणालीनुसार, मज्जा-केंद्रांमध्ये तात्पुरते संबंध अस्तित्वात असतात व त्यामध्ये अनुभवजन्य उद्दीपकामुळे निर्माण होणाऱ्या आठवणी टिकविल्या जातात. तसेच, उद्दीपक कारणाना प्रतिसाद देणारे नियंत्रक बिंदूही असतात. तथापि, यातही अनेक मुद्दे अनुत्तरित राहतातच. हे तात्पुरते संबंध कसे प्रस्थापित होतात हे कोडेच आहे. काही शास्त्रज्ञांच्या मते, हा संबंध केवळ कार्यकारी आहे म्हणजेच केवळ काही ठराविक अनुबंधनांमधील (मज्जापेशी ज्या विशिष्ट जागी एकमेकास स्पर्श करतात त्या जागांमधील) उद्दीपनाच्या प्रक्षेपनामध्ये सुधारणा केली जाते. इतर काही शास्त्रज्ञ असे समजतात की अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रतिसादांच्या निर्मितीबरोबरच मज्जा-एककात जे नवे संबंध प्रस्थापित होतात ते त्यांच्या वाढीच्या प्रक्रियेमुळे किंवा नव्या अनुबंधनाच्या निर्मितीमुळेच.

कसेही असो, मेंदूचे कार्य किंवा मज्जांचे उच्चस्तरीय कार्य हे मज्जापेशींशी निश्चितपणे निगडित आहे व ते निःसंशयपणे मान्य झाले आहे. या वस्तुस्थितीमुळेच, आर. गॅलबॉस या अमेरिकन प्राध्यापकांच्या एका लेखामुळे फार मोठे वादंग निर्माण झाले. या प्राध्यापकांचे म्हणणे असे की बाह्य जगताची जाणीव, अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रक्रियांचा उद्‌भव, स्मृती, मेंदूची सर्व मुख्य कामे यांचा मज्जा-पेशींशी सुतराम संबंध नाही; तर त्या मज्जांभोवती असणाऱ्या मज्जा-श्लेमांशी (मेंदूस आणि मेरूदंडास आधारभूत असणाऱ्या अति लहान पेशींशी) संबंधित आहेत.

जीवशास्त्रास असंभाव्य कल्पनांचे वावडे नाही, पण त्या प्रस्थापित



होण्यापूर्वीच विरून जातात. मज्जा-यंत्रणेबाबत दीर्घकालीन संशोधनाची परंपरा असणाऱ्या सोविएत संघातही गॅलबॉस यांची विचारप्रणाली प्रसृत झाली. तथापि, प्रायोगिक निष्कर्षांच्या अभावी शास्त्रज्ञ मज्जा-श्लेमांबाबत वा त्यांच्या कार्यांबाबत काही बोलण्यास तयार नव्हते. वास्तविक, मज्जा-पेशींपेक्षा मज्जा-श्लेम या पेशी कतीतरी पटीने अधिक भरतात, पण त्याबाबत काहीच माहिती नव्हती असे म्हटले तरी चालेल. मज्जाना त्या आधारभूत असून रक्ताच्या केशवाहिन्यांप्रमाणेच मज्जापेशीशी सरळ सरळ संबंधित न होता त्याना पाहिजे ती द्रव्ये पुरवितात एवढीच काय ती माहिती होती.

गॅलबॉसनी मांडलेला सिद्धांत फार काळ टिकूच नये एवढा निराधार वाटला. तथापि, सोविएत संघासह इतर अनेक देशातील शास्त्रज्ञाना त्याने आकर्षित केले हे मात्र निर्विवादपणे मान्य केले पाहिजे. उदाहरणार्थ जॉर्जियातील शास्त्रज्ञानी असे प्रतिपादन केले की पूर्वी समजल्या गेलेल्या कार्यापेक्षा कितीतरी अधिक व महत्त्वाचे कार्य मज्जा-श्लेमांमार्फत होत असावे. मात्र, गॅलबॉसप्रमाणे स्मृती अथवा जाणीवेशी मज्जा-श्लेमांचा संबंध त्यानी जोडला नाही, तर जेव्हा अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रतिसाद प्रस्थापित होतात तेव्हा

मज्जा-श्लेमांमार्फत तात्पुरते संबंध रद्द करण्याचे काम होते, असे प्रतिपादन केले.

उतकवैज्ञानिकाना (उतींचा सूक्ष्मदर्शकामार्फत अभ्यास करणाऱ्याना) हे फार पूर्वीपासूनच माहीत होते की मध्यवर्ती मज्जासंस्थेतील अनेक मज्जा-रज्जूंची टोके उघडी म्हणजे माएलिनच्या आवरणाने झाकलेली नसतात. या उघड्या मज्जाटोकांमार्फत येणारा विद्युतप्रवाह विखुरला गेला पाहिजे आणि ही उघडी टोके शेजारच्या रज्जूत उद्दीपन प्रसारित करण्यास असमर्थ असतात. जॉर्जियन शास्त्रज्ञानी असा विचार मांडला आहे की या उघड्या टोकांवर मज्जा-श्लेमांमार्फत माएलिनचे अनेक पदरी आवरण तयार होऊन ती अधिक कार्यशील बनातात.

बेडर सोंगाड्या

मज्जा-श्लेमावर संशोधन अगदी अलिकडेच सुरू झालेले असून ते फारच प्राथमिक अवस्थेत आहे. त्यामुळे वरीलपैकी कोणते सिद्धांत अचूक आहेत हे सांगणे शाज तरी शक्य नाही. तथापि, अशा संशोधनातून मध्यवर्ती मज्जासंस्थेच्या कार्यामागे कोणती शरीरक्रियात्मक यंत्रणा दडली आहे हे जाणून घेण्याचा नवा मार्ग निश्चितच सापडेल यात शंका नाही.

माणसाची आणि प्राण्यांची अनेक प्रकारे तुलना केली जाते व त्यामधून मोठी चमत्कारिक नावे जन्मास येतात. एखाद्या शल्यक्रियातज्ज्ञाच्या लहानशा चाकूप्रमाणे (स्कालपेलप्रमाणे) एका माशाच्या शेपटीवरील काटे दिसतात, आणि त्यास "सर्जन फिश" (सर्जन – शल्यक्रियातज्ज्ञ ; फिश – मासा) हे नाव मिळते. सील नामक प्राणी जेव्हा समुद्रानजिकच्या खडकावर बसतो तेव्हा खाली मान घालून प्रार्थनेत गर्क झालेल्या साधूप्रमाणे भासतो. साहजिकच त्यास "मंक सील" (मंक-साधू, मटाधिश) हे नाव प्राप्त झाले. सैनिकां-प्रमाणे वाटचाल करणाऱ्या एक प्रकारच्या खेकड्याना "सोलजर क्रॅब" (सोलजर – सैनिक ; क्रॅब – खेकडा) हे नाव मिळणे क्रमप्राप्तच ठरते...

आणखी एक प्रकारे ही तुलना केली जाते. मी जर माझ्या मुलास "कोल्होबा कुठला!" असे म्हटले तर तो कोल्ह्याप्रमाणे लबाड आणि काहीसा खोडकर आहे हे मला अभिप्रेत असते. खोडकरपणाबद्दल त्याला शिक्षा

केल्यावर रागावून, डोळे रोखून तो पाहू लागतो, तेव्हा साहजिकच म्हटले जाते, "असे मारक्या म्हशीसारखे पाहू नकोस." म्हणजे, तुझाच दोष आहे, मजवर रागावयाची जरूरी नाही असाच त्याचा अर्थ असतो.

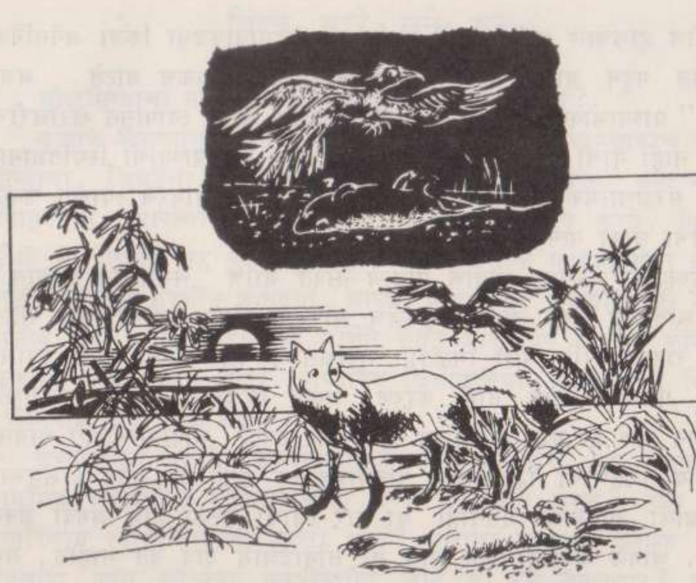
प्राण्यांबरोबर अशी तुलना करण्यामुळे त्यांची अस्मिता डागाळली जाते ही एक दुःखस्पद वस्तुस्थिती आहे. पुष्कळदा आपण एकमेकास "सापाप्रमाणे उलटणारा", "गाढवाप्रमाणे मूर्ख", "डुक्कर" किंवा "कुत्र्याप्रमाणे लाळघोटचा" अशी दुर्वचने ऐकवितो, जिथेतिथे प्राण्यांशी तुलना करतो. अमेरिकेत, "ओपोसमसारखा सोंगाड्या किंवा फसव्या" हा वाक्प्रचार सर्वत्र आढळतो. त्याचे मूळ काय असावे? कोणता अर्थ त्यात अभिप्रेत आहे? आणि त्यामुळे कोणाचा अपमान होतो?

ओपोसम हा उंदरासारखा दिसणारा एक छोटासा प्राणी असून सुमारे ४०-४५ सें. मी. लांबीचा असतो. त्याचे तोंड चांगले लांब व टोकदार, मोठाल्या मिशा असणारे तर शेपटी लांबलचक असते. मादी आपल्या पिलाना पाठीवर वाहून नेते आणि पिले आपली शेपटी मादीच्या शेपटीस घट्ट गुंडाळून बसतात.

फक्त अमेरिकेतच ओपोसम आढळतो. युरोपातील ज्या प्राणिशास्त्रज्ञाना शिशुधानी प्राण्यात रस आहे त्यानाच तो माहीत आहे. ऑस्ट्रेलियातील कांगारू प्राण्यांप्रमाणेच ओपोसम शिशुधानी म्हणजे पोटावरील पिशवीत पिलाना वाहून नेणारा आहे. पिले मोठी होऊन स्वतंत्रपणे हिंडूफिरू लागेपावेतो मादी त्यांचे याप्रमाणे संगोपन करते. तशी सोय नसती तर पिले जगणेच अशक्य झाले असते.

आपल्या मातृभूमीत ओपोसम चांगलाच परिचित असून "ओपासमप्रमाणे सोंग वठविणे" हा वाक्प्रचार नेहमीचाच बनलेला आहे. म्हणजे असे की खेळताना एखाद्या खेळाडूला थोडीशी दुखापत झाली किंवा खरचटले आणि तो जरूरीपेक्षा जास्त वेळ पडून राहिला तर "हे असे ओपोसमसारखे सोंग बंद कर" असे म्हणून त्याचे सहकारी त्यास हिणवितात. अर्थात् जखमी खेळाडूस ते अपमानास्पद वाटत नाही, कारण आपल्याला मामुलीच दुखापत झाली आहे हे इतर खेळाडूनी जाणले आहे याची त्यास कल्पना असतेच आणि तोही थोडी गंमतच करीत असतो.

पण खरोखरीच एखादा मुलगा अभ्यासात मागे पडत असेल आणि अशा परिस्थितीत जर त्यास "ओपोसमसारखा सोंगाड्या" म्हटले तर त्यास ते



नक्कीच दुःखदायक वाटेल. आपण फसवीत नसूनही आपले मित्र तसे समजतात याचे कोणास बरे वाईट वाटणार नाही?

ओपोसमच्या एक प्रकारच्या चमत्कारिक वागणुकीतून त्याची ही बदकीर्ती फैलावली आहे. जेव्हा तो संकटात सापडतो, बेसावधपणे एखाद्या शत्रूच्या टप्प्यात येतो अथवा पाठलाग करणाऱ्या प्राण्याच्या तावडीतून सुटणे आता अशक्य आहे अशा निष्कर्षाप्रत येतो तेव्हा तो चक्क मेल्याचे सोंग घेऊन तात्काळ निःश्चेष्ट पडून राहतो! संरक्षणाचा हा मार्ग दिसतो तेवढा निरर्थक नाही. अन्यथा, याभूतलावरून ओपोसमचे अस्तित्व केव्हाच नाहीसे झाले असते.

ज्यामुळे भीती निर्माण होते अशी ही संरक्षणाची केवळ "मानसशास्त्रीय" पद्धती ज्या कारणांवर आधारलेली आहे त्यालाच मानसशास्त्रज्ञ स्थितीज्ञानानुवर्ती संरक्षणात्मक प्रतिक्रिया म्हणतात आणि ती सर्व प्राणिमात्रात आढळते. ओपोसमचे निःश्चेष्ट पडणे शत्रूला अनपेक्षित असते, तो गोंधळतो आणि काहीसा घाबरून त्याचा नाद सोडतो.

कोणताही परभक्षक प्राणी, मग तो कितीही भयानक असो, नुकत्याच मारलेल्या प्राण्यानजिक लगेच कधीही जाणार नाही. कोल्हे, लांडगे, वाघ किंवा सिंह यासारख्या हिंस्त्र प्राणीसुद्धा यास अपवाद नाहीत. मृत प्राणी

कोणतीच हालचाल करीत नाही आणि तो वेड्यावाकड्या किंवा अनैसर्गिक अवस्थेत पडून आहे हे या हिंस्र प्राण्याना भीतीदायकच वाटते. अशा "मृत" प्राण्याभोवती दुरूनच ते फेऱ्या घालतील आणि त्यापासून खरोखरीच धोका नाही याची खात्री करून घेतील. म्हणजेच त्या प्राण्याची स्थितिज्ञानानुवर्ती संरक्षणात्मक प्रतिक्रिया मंदावल्याची खात्री झाल्यावरच त्याच्या जवळ जाण्याचा धोका पत्करतील.

पुष्कळदा भुकेपेक्षा भीतीचे प्राबल्य वाढते आणि "चमचमित खाद्यास" हात लावलाच जात नाही. म्हणजेच ओपोसम योग्य संधीची वाट पाहत पडून राहतो आणि संधी मिळतात सुरक्षितपणे पळ काढतो. मग त्याचा बहुधा पाठलाग होत नाही कारण, अगदी निःश्चेष्ट अवस्थेत एकाएकी गतिमान होणे हा सुद्धा अनपेक्षित आविष्कार ठरतो. ओपोसमची ही मानसशास्त्रीय संरक्षणाची पद्धत एवढी परिणामकारक असते की अनेकदा शत्रूच्या दाताखाली सापडला असताही या द्वारे त्याची सुटका होणे अगदी शक्य असते. चांगले अनुभवी शत्रू मात्र या सोंगाड्यास दाद देत नाहीत, मग मात्र मृत्यूपासून सुटका करणे ओपोसमला अशक्य ठरते.

कित्येक शतकांपासून अशा फसवाफसवीसाठी ओपोसम चांगलाच कुप्रसिद्ध आहे. पण हे सोंग आहे की नैसर्गिक अवस्था, याबाबत शास्त्रज्ञाना नेहमीच शंका वाटे. ओपोसम मेल्याचे सोंग करतो की खरोखरच्या भीतीमुळे बेशुद्ध पडतो हे काही उलगडत नव्हते.

मात्र, विद्युत तंत्राचा वापर करणाऱ्या शरीरक्रिया वैज्ञानिकानी हे कोडे अलिकडेच उलगडले आहे. मेंदूतील पेशींमध्ये विद्युत-आघात सतत निर्माण होत असतात हे सर्वश्रुतच आहे. त्यालाच शास्त्रज्ञ जैविक प्रवाह म्हणतात. त्यांच्या वैशिष्ट्यानुसार प्राणी केवळ निद्रावस्थेत आहे की त्यास गुंगीचे औषध पाजले आहे का त्यास घेरी आली आहे तसेच मेंदूचे कार्य नेहमीच्या पद्धतीने चालले आहे किंवा नाही हे सांगता येते. ओपोसमच्या वेगवेगळया अवस्थांवेळचे हे जैविक-प्रवाह नोंदले गेले तेव्हा असे आढळले की तो जेव्हा मेल्याचे सोंग घेतो तेव्हा त्याच्या मेंदूची क्रिया यत्किंचितही बदलत नाही आणि निद्रावस्था किंवा गुंगीत असते वेळी आढळणाऱ्या नोंदींशी ती अजिबात जुळत नाही. उलट, मृत्यूचे सोंग चालू असताना तर त्याचा मेंदू आपले काम अधिकच कार्यक्षमतेने करीत असतो. एकूण, ओपोसम खरोखरचा बेडर सोंगाड्या असून त्याची बदकीर्ती त्याच्या वर्तनास साजेशीच ठरते.

विश्व सारे सुने सुने

औदासिन्याचा प्राण्यांवर काही दुष्परिणाम होतो काय?

बऱ्याच काळापासून आपणाला ठाऊक आहे की केवळ माणसावरच औदासिन्याचा, खिन्नतेचा किंवा एकाकीपणाचा दुष्परिणाम होतो असे नाही. उदाहरणार्थ, आपल्या मृत पिलांबाबत राजहंसी विलाप करते, पिलाना कोणी नेऊ लागले तर कुत्री क्षुब्ध होते आणि मालक घरातून गेला असता पाळीव जनावरे झुरणीस लागतात. आपला मालक मृत झाल्यानंतरही त्याचा पाळीव कुत्रा मालक भेटेल या आशेने सतत बारा वर्षे त्याच्या कामाच्या ठिकाणी फेऱ्या मारत होता. प्राण्यांवर खिन्नावस्थेचा, विषण्णतेचा निश्चित दुष्परिणाम होतो यात संशय नाही.

उच्चस्तरीय विकसित प्राण्यांबाबत ही वस्तुस्थिती खरी, पण अविकसित, प्राथमिक अवस्थेतील जीवमात्रांबाबत काय परिस्थिती असते? तसा काही दुष्परिणाम त्यांच्याबाबतही घडतो काय? एखाद्या वावरात फडफड करीत उडणारा पतंग कोणत्या मनःस्थितीत आहे हे कसे समजणार? त्याला विचारणे शक्यच नाही. अशा प्राण्यांची वागणूक ठराविक परिस्थितीत कशा प्रकारची असते याचे निरिक्षण करणे हाच त्यावर उपाय आहे. उदाहरणार्थ, प्राण्याना एकाकी अवस्थेत ठेवले तर त्यांची काय अवस्था होईल, एकाकीपणा ते कसा सहन करतील किंवा, त्याना आपल्या सहचाऱ्यांपासून वेगळे ठेवले तर कोणते परिणाम होतील हे पाहूनच निष्कर्ष काढता येईल.

एकान्तवास ही माणसाची दारूण कसोटी आहे. असे अनेक "रॉबिन्सन क्रूसो" आहेत की ज्याना या ना त्या कारणामुळे निर्मनुष्य जागी एकान्तवास पत्करावा लागला. अनेकाना त्यामुळे गंभीर अशा मानसिक व्याधींनी ग्रासलेले दिसले. मागूस हा समाजप्रिय प्राणी आहे हे लक्षात घेता त्याच्या या विषन्नावस्थेबाबत आश्चर्य वाटू नये.

जे प्राणी कळप करून अथवा थव्याने राहतात, ते कितीही अविकसित असले तरी एकाकीपणा सहन करणे त्याना अशक्यप्राय असते. आपल्या समुहापासून वेगळे केल्यास अविकसित प्राण्यासच फार त्रास होतो, कारण विकसित प्राणी या ना त्या प्रकारे एकान्तवासाशी थोडेफार तरी जुळवून घेतो. कित्येक प्राण्याना माणसाच्या सहवासांत समाधान वाटते. माकडासारखे प्राणी, माणसास जणू भावाप्रमाणे समजणे अगदी शक्य आहे. ते काहीसे

तऱ्हेवाईक असले तरी माणसाशी उत्तम प्रकारे जुळवून घेतात, मग त्यांच्याच जातीचे सहचारी नसले तरी त्यांचे काही अडत नाही.

निम्नस्तरीय जीवमात्रांची परिस्थिती मात्र फारच नाजूक असते. आपण त्याना सोबतहो देऊ शकत नाही. किंगलेट्, लांब शेपटीचे टिट् पकडले गेले की झुरणीस लागतात आणि एकान्तात ठेवले तर अल्पशा काळात मरण पावतात, पण त्यांच्या पिंजऱ्यात त्यांच्याच जातीचे चारदोन पक्षी जर ठेवले तर मात्र ते खूपच आनंदित होतात.

माशांचे अनेक प्रकार समाजप्रिय आहेत. हेरिंग मासा मत्स्यालयात एकाकीच ठेवला तर काही दिवसातच मृत होतो. पूर्वी अशी समजूत होती की अथांग निळ्याशार समुद्राची त्यास ओढ लागत असावी. पण इतर हेरिंग माशांची सोबत नाही हेच त्यामागील खरे कारण आहे.

काही कीटकदेखील सोबत्यांशिवाय राहू शकत नाहीत. एका जातीच्या रेशीम फुलपाखराच्या आळ्या ऊर्फ सुरवंट एकमेकांच्या समुदायातच वाढतात. एकामागून एक याप्रमाणे ओळीने ते या फांदीवरून त्या फांदीवर सरकत असतात आणि मार्गातील प्रत्येक पानाचा फन्ना पाडतात. मात्र जो सुरवंट मागे पडून मार्ग चुकेल तो एकाकी अवस्थेमुळे खलासच होईल. त्याची भूक मंदावेल आणि एकूण चयापचय क्रिया अगदी निष्क्रिय ठरेल. अशा विषण्ण, एकाकी पडलेल्या सुरवंटास जर त्याचे काही मित्र पहावयास मिळाले किंवा बनावट सुरवंट जरी दृष्टीस पडला तरी त्याची उमेद वाढेल, तो चैतन्यमय होईल आणि त्याची चयापचय क्रियाही सुधारेल.

मधमाशा, मुंग्या, वाळवी अशांसारखे समाजप्रिय कीटक एकाकी अवस्थेत राहूच शकत नाहीत. एकाकी अवस्थेत किंवा काही वेळा त्यांच्या समूहांची केवळ संख्या जरी कमी असली तरी ते अन्नग्रहण सोडून देतील आणि अल्पावधीतच नाहीसे होतील. मधमाशा आणि मुंग्यांचा समूह निदान पंचवीस सभासदांचा तरी असणे आवश्यक आहे. यापेक्षा कितीतरी अधिक संख्येने त्या वावरत असल्यामुळे संख्या कमी झाली रे झाली की कमालीच्या अस्वस्थ आणि उदास बनतात.

वांशिक समस्या

अमेरिकेतील निग्रो लोकांची आपल्या हक्कांबाबत जी चळवळ चालू आहे तीस अमेरिकन नागरिक पाठिंबा देतो खरा पण तो असेही म्हणतो की काही

झाले तरी निग्रो हे दुय्यम दर्जाचेच लोक आहेत. या विरोधाभासाचे खरोखर आश्चर्य वाटेल. आज प्रत्येकास निर्विवादपणे माहीत आहे की मानवी शरिरातील स्नायूचे व अंतर्गत इंद्रियाचे कार्य जातपात निरपेक्ष एकसारखेच असते. पण वर्णभेदाचे समर्थक असा सिद्धांत मांडतात की फरक खरोखरीच आहे पण तो मानसिक क्षेत्रातील म्हणजेच मेंदूच्या कार्यशीलतेत आहे.

तीन चार शतकांपूर्वी नवे नवे भूप्रदेश उजेडात येत होते व राष्ट्राराष्ट्रातील सांस्कृतिक विकासाच्या पातळीत कमालीचे फरक होते. अशा परिस्थितीत, या फरकांमुळे उच्चनीचतेचे, वर्णभेदाचे विचार फोफावले. हे तर खरेच की आशिया, आफ्रिका, उत्तर आणि दक्षिण अमेरिका तसेच ऑस्ट्रेलिया येथून अनेक श्रेष्ठ व्यक्तिमत्त्वे उदयास आली, पण मानवी संस्कृतीच्या एकंदर प्रगतीस अनेक देशांचा सर्वसाधारण हातभार अगदीच नगण्य ठरतो. या देशांतील एकूण राहणीमानच त्यास कारणीभूत असून जन्मजात हलकेपणा किंवा गौणत्वाचा काहीएक संबंध नाही. वंशवादाचे समर्थक मात्र असे म्हणतात की सांस्कृतिक पातळीतील फरक हा बिगर युरोपियन लोकांचे गौणत्व सिद्ध करणारा पुरावाच ठरतो.

वेगवेगळ्या जातीजमातीतील मानवी मेंदूच्या कार्यात खरोखरीच काही फरक आहेत का?

माणूस आणि जनावरे यांच्या मेंदूच्या कार्यात जर कोणता मूलभूत फरक असेल तर बोलण्याचा वापर हा होय. या बोलण्यासच "संदेश-यंत्रणेचा दुसरा प्रकार" असे इवान पावलोव यानी म्हटले आहे. बोलणे हा केवळ मानवी आविष्कार असून वांशिक भेदभाव काही असलेच तर बोलण्याबाबत मेंदूत जी यंत्रणा आहे ती मार्फतच व्यक्त होईल.

मानवी मेंदूच्या कार्याबाबत खासकरून शरीरवैद्यकाना विपूल माहिती झाली आहे. मेंदूला विविध प्रकारच्या दुखापती झाल्या असता रोग्याची मानसिक वर्तणूक कशी राहते याचे निरिक्षण सातत्याने चालू ठेवल्यामुळे ते शक्य झाले. शास्त्रज्ञांच्या असे लक्षात आले आहे की मूर्धन्य अर्धगोलांच्या काही भागास इजा पोहोचली तर परिणामी पक्षाघात होतो. आणि इतरत्र होणाऱ्या दुखापतींमुळे दृष्टी किंवा ऐकण्याची क्षमता कमी होते. मेंदूच्या विशिष्ट भागास इजा झाल्यास खासकरून वाचेवर दुष्परिणाम होतो. मेंदूतील डावीकडच्या अर्धगोलाच्या एका बाजूस इजा झाल्यास रोग्यास बोलणे ऐकण्यात व्यत्यय येत नाही पण त्यास ते समजू शकत नाही. त्याच

अर्धगोलाचा पुढील भाग दुखावला गेला तर प्रामुख्याने ध्वनीचे उच्चारण अशक्य होते तर डोक्याच्या पुढील आणि मागील बाजूच्या दुखापतीमुळे मोजण्याच्या क्षमतेवर दुष्परिणाम होतो. मेंदूला होणाऱ्या काही दुखापतींमुळे लिहिण्याच्या किंवा वाचण्याच्या क्रियेत अडथळे निर्माण होतात.

याबाबत जेव्हा पुरेशी माहिती उपलब्ध झाली तेव्हा असे ध्यानात आले की मेंदूच्या एका बाजूस होणाऱ्या व्रणामुळे युरोपियन माणसास लिखित मजकूर धडपणे वाचणे अशक्य होत असले तरी तशाच प्रकारच्या दुखापतीमुळे जपानी माणसावर कमी परिणाम होतो आणि चिनी माणसावर कोणताच दुष्परिणाम होत नाही. या उलट, डोक्याच्या मागील भागी इजा झाल्यास सुसंगत लिहिण्यात युरोपियनास फारशी गंभीर अडचण कधीच भासत नाही पण जपानी माणसास ती खूपच जाणवते, तर चिनी माणूस समजून-उमजून लिहिण्यास पुरता असमर्थ ठरतो.

याचा अर्थ असाच करावयाचा काय की मेंदूच्या कार्यशीलतेतच वंशविषयक फरक आहेत? या प्रश्नाचे उत्तर देण्यापूर्वी बोलण्याच्या क्रियेचे संयोजन कशा प्रकारे असते ते प्रथम पाहू या.

मानवी बोलणे म्हणजे एक विशिष्ट रचना असणारे व जटिल स्वरूपाचे ध्वनी होत. उत्तम प्रकारे बोलता येण्यास केवळ उत्कृष्ठ श्रवणशक्ती पुरेशी नाही. नवजात बालकाच्या बाबतीत सुरुवतीच्या काही महिन्यात बोलणे म्हणजे केवळ आवाज असतात. बोलता येण्यास, आवाजाच्या प्रवाहातील आवश्यक ती वैशिष्ट्ये म्हणजेच वर्ण वेगळे करणे अथवा जाणून घेता येणे जरूरीचे आहे. बोलणे जाणण्यास केवळ तीक्ष्ण कानांऐवजी वर्णधारित भाषापद्धती जाणणारा कान हवा.

जर आपणास एखादी परकी भाषा येत नसेल तर आवाजाच्या प्रवाहातील वर्णविषयक वैयक्तिक मूलघटक वेगळे करता येणार नाहीत. त्या भाषेतील जे शब्द अथवा वाक्ये ऐकाल त्यांचे पुनरुच्चारण करता येणार नाही, मग ती समजणे दूरच राहिले.

एक मनोवेधक आणि तितकीच महत्त्वाची वस्तुस्थिती ही की या साऱ्या प्रक्रिया मेंदूतील केवळ ध्वनीसंबंधित भागात होत नसून बोलांच्या उच्चारात भाग घेणाऱ्या उच्चारण-उपकरणात आणि मेंदूतील संबंधित मोटर ऊर्फ प्रेरक भागातही घडून येतात. अगदी मोठ्या माणसाना सुद्धा, आवाज आणि लिखित स्वरूपामुळे बोलण्याची जाणीव होत नसून बोलताना उच्चारण-उपकरणातील

स्नायूंमध्ये व कंडरांमध्ये (स्नायूबंधांमध्ये) निर्माण होणाऱ्या अस्पष्ट व अंतर्गत संवेदनामुळेच होते.

ध्वनीमार्फत मिळणाऱ्या माहितीचे पृथक्करण मेंदूतील मध्यत्वचेच्या खंडात होते. पृथक्करण होणाऱ्या इतर ठिकाणांप्रमाणेच या मध्यत्वचेतही प्राथमिक आणि द्वितीयक विभाग असतात. प्राथमिक विभागास दोन्ही कानांपासून निघालेले मज्जातंतू मिळालेले असतात. द्वितीयक विभागास परिघीय प्रदेशामार्फत आणि प्राथमिक विभागाने अगोदरच विश्लेषण केलेली माहिती मिळत असते.

यापैकी प्राथमिक विभागाना व्याधींमुळे इजा झाली तर रोग्यास ऐकू येण्याबाबत त्रास निर्माण होतो. मेंदूच्या डाव्या अर्धगोलातील द्वितीयक विभागास इजा पोहोचली तर अगदी वेगळी परिस्थिती निर्माण होते. रोग्याची श्रवणशक्ती अगदी व्यवस्थित राहते पण बोललेले समजणे किंवा नीट ऐकू येणे पार बिघडते. अशा व्यक्तीस, "द" आणि "त", "ब" आणि "प" तसेच "झ" आणि "स" यातील वेगळेपणा किंवा फरक जाणवत नाही. साहजिकच त्याना वर्ण ओळखता येत नाहीत, शब्द समजण्यात अडचण येते.

अशा रुग्णास "दात" हा उच्चार "तात", "लात" किंवा "कात" असा ऐकू येतो. असे शब्द ऐकले असता रुग्ण त्यातील वेगळेपणा जाणू शकत नाही आणि त्यांचा उच्चारही त्याला नीट करता येत नाही. संभाषणात असे शब्द वापरावयाचे झाल्यास त्यासमोर अडचण निर्माण होते. मग अचूक शब्दांच्या वापराऐवजी त्यांचे अर्थ सांगणारे पर्यायी शब्द किंवा वाक्येच्या वाक्ये तो शोधू लागतो. उदाहरणार्थ, "कंगवा" शब्दाऐवजी "ज्या वस्तुने आपण केस विंचरतो" किंवा "वाळवंटा" ऐवजी "पाणी नसलेली जमीन" असे बोलतो. हा दोष फारच तीव्र झाल्यास "अवघड" शब्दांची संख्या खूपच वाढते. मग त्यांच्या उच्चारणात अनेक चुका होतात आणि बोलणे अगदी अनाकलनीय होते.

जर "दात", "तात", "कात" यातील फरक कळेनासा झाला तर बोलणे समजण्याची क्षमता साहजिकच कमी होते. एक कुतूहलजनक आणि कारण न सांगता येण्याजोगा प्रकार असा की अशा रुग्णाना खासकरून सर्वनामे ओळखणे फार दुष्कर होते. यामुळे त्यांचे बोलणे नामांचे संबंध स्पष्ट करणाऱ्या शब्दानी, शब्दयोगी अव्ययानी, क्रियापदानी, क्रियाविशेषक अव्ययानी आणि तत्सम इतर अनेक शब्दानी भरलेले असते.



आणखी एक चमत्कारिक वस्तुस्थिती आढळते. ज्या रुग्णाना बोललेले समजत नाही ते स्वरज्ञान किंवा सुरांबाबत अजाण होत नाहीत. काही गंभीर आजारामुळे ज्यांचे स्वतःचे बोलणेही सुसंगत रहात नाही आणि दुसऱ्याचेही समजत नाही अशा अनेक गुणवान कवीनी, संगीतकारानी आपली कल्पक निर्मिती उत्तम प्रकारे टिकविलेली आढळेल. उलट, मेंदूच्या उजव्या बाजूच्या अर्धगोलातील संबंधित विभागावर आघात झाला तर रुग्णाचे बोलणे व्यवस्थित राहते पण बहिरेपणा येतो.

ध्वनीपृथक्करण करणाऱ्या द्वितीयक विभागास इजा पोहोचल्यास लिहिलेले वाचण्यात व्यत्यय येतो. असा रुग्ण अगदी परिचित शब्द – उदा. "आई", "नदी", "चंद्र", "झाड" इ. – लिहू शकतो, स्वतःची सही करू शकतो आणि "वि. सू", "ता. क.", "ओ. के" किंवा "आय. ओ. यू." अशा संक्षिप्त संज्ञांचेही पुनर्लेखन करू शकतो. पण तोंडी मजकूर किंवा एखादे टाचण सुसंगतपणे लिहिण्यास पूर्णतया असमर्थ ठरतो. मजकूर वाचणेही त्याला जमत नाही. काही अतिपरिचित शब्द आणि वाक्प्रचार तो जाणू शकतो, ओळखू शकतो पण अक्षरे, शब्दावयव किंवा अल्पपरिचित शब्द वाचण्यास असमर्थ ठरतो.

वर्णज्ञान शक्तीस बाध आल्यास रुग्णास वाचणे आणि लिहिणे अशक्य

होते हे उघडच आहे. दृष्टीदोषामुळे तसे होते असे समजण्याचे कारण नाही. वर उल्लेखिलेल्या इजेमुळे चिनी रुग्णास लिखित मजकूर वाचण्यात कोणताच व्यत्यय येत नाही. चिनी लोकांचे लेखन चित्रलिपीत असते आणि वर्णांचा उच्चारणाशी काहीच संबंध नसतो. चिनी रुग्णास लिखित मजकूर समजतो आणि लिहिताही येतो; पण मोठ्याने वाचणे मात्र त्यास अशक्य असते. हाच चिनी रुग्ण जर एखादी युरोपियन भाषा बोलणारा असेल तर त्या भाषेत लिहिण्यास व ती वाचण्यात तो असमर्थ ठरतो.

युरोपियनाच्या बाबतीत या उलट प्रकार पहावयास मिळतो. चिनी भाषेत अस्खलितपणे बोलणारा युरोपियन रुग्ण, इजेमुळे त्याच्या स्वतःच्या भाषेत लिहू अगर बोलू शकणार नाही पण त्यास चिनी मुळाक्षरे समजतात.

जपानी लेखनात चित्रलिपी आणि वर्णोच्चार ह्या दोन्ही गोष्टी आहेत. यावरून ध्यानात येईल की मेंदूच्या सदरहू इजेमुळे जपानी माणसाच्या लिखित मजकुराच्या वाचनामध्ये युरोपियन रुग्णांच्या तुलनेने कमी व्यत्यय का निर्माण होतो.

चित्रलिपीचे ज्ञान हे मेंदूच्या पुढील व मागील भागांच्या कार्याशी संबंधित आहे. या भागाना होणारी कोणतीही इजा बहुधा दृष्टीदोष निर्माण करते. रोगी एखादे चित्र डोळ्यानी पाहू शकतो पण त्यास बोध होत नाही. त्याने एकाद्या व्यक्तीचे चित्र पाहिल्यास त्यास नाक, तोंड, डोळे ओळखता येतात पण हे भाग एकत्रितपणे पाहणे किंवा ध्यानात घेणे जमत नाही. एकंदर चित्रविषयाचे आकलन होत नाही आणि ते माणसाचेच चित्र आहे याची खात्री निर्माण होत नाही. चित्रातील माणसास जर मिशा असतील तर रोगी, ते चित्र मांजराचे आहे अशा ही निष्कर्षास येईल. असे रुग्ण चित्रलिपी समजण्यास जर पूर्णतया असमर्थ ठरले तर त्यात आश्चर्य वाटण्याचे कारण नाही. त्यातल्या त्यात कमी गंतागंतीच्या स्वरूपांचे शब्द जर उमगत असले तर मात्र दुसऱ्या एखाद्या भाषेत रूग्ण लिहू-वाचू शकेल. याचा वर्ण, वंश किंवा विशिष्ट राष्ट्रियत्व यांच्याशी तिळमात्र संबंध आहे का? युरोपियन भाषा बोलणारे चिनी रुग्ण ती भाषा लिहू-वाचू शकतात तर चित्रलिपीचे वाचन करणाऱ्या युरोपियन रुग्णास ते नंतर कधीच जमणार नाही.

मानसिक प्रक्रियांची वैशिष्टये याप्रमाणे व्यक्तीच्या वंशाशी संबंधित नसून त्यास कशा प्रकारे वाढविले गेले आहे, त्यावर कोणते संस्कार केले गेले आहेत आणि त्यास कशाप्रकारे शिक्षण दिले गेले आहे यावर सर्वस्वी अवलंबून आहे; म्हणजेच, सरतेशेवटी अनुभवजन्य उत्स्फूर्त प्रतिक्रियांची जी जटिल पद्धती अस्तित्वात येते त्यावरच अवलंबून आहे.



प्रकरण ९

बाळराजाचे आगमन

नेहमी दोघांचीच जरूरी का ?

आपल्या या ग्रहावर वेगवेगळ्या प्रकारचे लाखो प्राणी राहत असून जातीजातीत आढळणारे फरकही प्रचंड आहेत. काही पाण्यात तर काही जमिनीवर राहतात. कित्येकाना नेहमीच थंड हवामान हवे तर अनेकजण उष्ण हवामान पसंत करतात. काहीना उच्च दाबाशिवाय जीवन कंठणे अशक्य होते तर जवळजवळ निर्वात अवस्थेत राहणारेही प्राणी आहेतच. हे एवढे फरक असूनही साऱ्यांमध्ये एक समान गोष्ट आढळते व ती म्हणजे त्यांची सर्वांची नर आणि मादी यात विभागणी झाली आहे. अगदी प्राथमिक किंवा अविकसित जीवातच काय तो लिंगभेद आढळत नाही.

सर्व सजिवांची दोन विरुद्ध गटात विभागणी करण्याची निसर्गास जरूरी का भासावी? असे कोणते अगदी अवघड काम असावे की जे पार पाडण्यास जीवमात्राच्या एकाच गटास अशक्य व्हावे?

पुनरुत्पादन क्रियेची गरज पुरी करण्यावर उपाय म्हणून लिंगभेद अस्तित्वात आला असे सामान्यतः सांगितले जाते. पण लिंगभेद अस्तित्वात येण्यामागचे हे प्रमुख कारण आहे असे समजण्याचे मुळीसुद्धा कारण नाही. ज्या अविकसित प्राण्यांमध्ये असा लिंगभेद अस्तित्वात आला नाही त्यांचे पुनरूत्पादनाचे कार्य व्यवस्थितपणे चालू आहे. शिवाय, अनेक प्राण्यांमध्ये लिंगभेद असूनही त्यानी आपली अलैंगिक पुनरुत्पादनाची पद्धती अद्यापीही टिकविली आहेच.

अलैंगिक पुनरुत्पादन बऱ्याच ठिकाणी पहावयास मिळते. द्विभंजन किंवा विभाजन हे त्याचे अगदी साधे स्वरूप असून अमिबा, इन्फ्यूसोरिया व इतर अनेक एकपेशीय जीवांमध्ये ते घडून येते. या प्रकारात पेशी ऊर्फ कोशिका,

प्रकल आणि त्यातील सर्व गुणसूत्रे यांचे दोन भाग होतात ; एका पेशीचे दोन सरूप जीवांमध्ये विभाजन होते. हे दोन भाग मातृक पेशीशी अगदी मिळतेजुळते व कोणताच फरक नसणारे असतात.

काही वेळा जरा वेगळे तंत्र अवलंबिणे आवश्यक बनते. अगदी लहानशा कवचात राहणाऱ्या थेकामिबाचे द्विभंजन कसे होते हे पाहणे फार मनोरंजक आहे. सुरुवात अशी होते की कवचातील मातृक पेशी एका छिद्रातून बाहेर येते आणि हुबेहुब पहिल्यासारखेच नवे घर किंवा कवच तयार करते. ही दोन्ही कवचे एकमेकाना जोडलेली राहतात. नंतर थेकामिबा या कवचातून त्या कवचात व परत अशा अनेक फेऱ्या मारते. जणू सारे काही व्यवस्थित आहे ना हेच ती तपासत असते. यानंतर पेशीचे दोन स्वतंत्र भागात विभाजन होते. या नव्या पेशी एकमेकींशी "फारकत" घेऊन आपापल्या कवचात जातात व त्या क्षणापासून दोन स्वतंत्र जीव अस्तित्वात येतात.

अलैंगिक पुनरुत्पादनाची आणखी एक रीत म्हणजे मुकुलन ही होय. तीमध्ये जनक जीवमात्रापासून लहान लहान भाग वेगळे होतात. एकपेशीय जीवापासून वेगळया होणाऱ्या भागात सूक्ष्म प्राकल आलेला असतो. बहुपेशीय जीवापासून पेशींचा एक गट वेगळा होतो व पुढे त्यातूनच स्वतंत्र जीव तयार होतो. किण्व ऊर्फ यीस्टचे पुनरुत्पादन या प्रमाणे होते आणि बहुपेशीयातील पुष्पकाच्या ऊर्फ पॉलिपच्या पुनरुत्पादनाची हीच पद्धत असते.

अलैंगिक पुनरुत्पादनाच्या तिसऱ्या प्रकारात बिजुकजनन किंवा बिजुकांची निर्मिती होते. प्रथम जनक पेशीतील प्रकलांचे अनेक लहान लहान प्रकलांमध्ये विभाजन होते. मग खुद्द जनक पेशीचेच तेवढ्याच संख्येत विभाजन होते.

हे नव्याने तयार झालेले बिजुक आणि जनक पेशी यात कोणतेच साम्य नसते. बिजुकांचा आकार सूक्ष्म असून पूर्ण वाढीच्या पेशीत न आढळणारे असे एक चिवट आवरण त्यांच्याभोवती असते. या आवरणामुळे सभोवतालच्या प्रतिकुल परिस्थितीपासून त्यांचे संरक्षण होते आणि शुष्किरण, उष्णता आणि थंडी अशा स्थित्यंतरातही ही बिजुके टिकाव धरतात.

प्लाझ्मोडियम ऊर्फ प्राकलपंज या मलेरियाकारक जीवाचे बिजुकांमार्फत होणारे पुनरुत्पादन मोठ्या प्रमाणात असते. माणसाच्या रक्तातील तांबड्या पेशींमध्ये ते परोपजीवी बनून राहतात. रक्तपेशीत शिरल्यावर प्रत्येक प्लाझ्मोडियमचे बारा किंवा चोवीस बिजुकात विभाजन होते. ही बिजुके जेव्हा एकाच वेळी रक्तपेशींचा त्याग करून बाहेर पडतात तेव्हा रक्तपेशी नाश

पावून मलेरियाचा प्रादुर्भाव होतो. प्लाझ्मोडियमांचे पुनरुत्पादन केवळ अलैंगिक मार्गेच होते असे नाही. माणसाच्या दुषित रक्तातील प्लाझ्मोडियम एकत्रितपणे वेगळे करून डांसाच्या पचनमार्गात ठेवले तर तेथे मात्र त्यांचे पुनरुत्पादन लैंगिक प्रकारे होते.

निसर्गाने अलैंगिक पुनरुत्पादनाचे अनेक प्रकार प्रचारात आणलेले दिसतात. हे पाहता, केवळ पुनरुत्पादनार्थ लिंगभिन्नता अस्तित्वात आली असे म्हणता येत नाही. मग त्यामागे कोणते कारण असावे?

असे एक मत मांडले गेले की दीर्घकालीन अलैंगिक पुनरुत्पादनामुळे अनुवंशिकता बिघडून परिणामी ऱ्हास होत असावा. अगदी नजिकच्या नात्यागोत्यातील विवाह अशी अवनती दर्शवितात. पण निव्वळ मतप्रदर्शन म्हणजे काही पुरावा नव्हे. तेव्हा अचूक, प्रत्यक्ष आधारभूत माहिती मिळावी म्हणून शास्त्रज्ञानी प्रयोग करावयाचे ठरविले व त्यासाठी लैंगिक व अलैंगिक अशा दोन्ही प्रकारे पुनरुत्पादन होणाऱ्या इन्फ्युसोरियाचा एक प्रकार निवडला गेला.

हा प्रकार (इन्फ्युसोरियम स्लिपर ॲनिमलक्यूल) काहीसा मोठ्या आकाराचा व बऱ्याचशा गुंतागुंतीच्या रचनेचा असा एकपेशीय जीव आहे. त्यावर करण्यात आलेल्या प्रयोगामध्ये इन्फ्युसोरियाचे दोन भागात विभाजन झाले असता लगेच ते वेगळे करण्यात आले आणि त्यांच्यातील लैंगिक पुनरुत्पादनाची शक्यता टाळण्यात आली. हे इन्फ्युसोरिया दिवसातून बहुधा दोन वेळा विभाजन पावत. संशोधकानी आपला प्रयोग सतत बावीस वर्षे चालू ठेवला व या काळात एकाच इन्फ्युसोरियनचे निरिक्षण चालू ठेवले. या अवधीत १३,५०० पिढ्या अस्तित्वात आल्या. तथापि, पूर्वकल्पनेनुसार ऱ्हास असा कोणताच आढळला नाही किंवा एका पुढची एक पिढी निर्माण होण्यात व्यत्ययही आला नाही.

थोडक्यात, ज्या जीवमात्रांमध्ये दोन्ही प्रकारे पुनरुत्पादन होऊ शकते, ते स्वतःवर कोणताच हानीकारक परिणाम घडू न देता अलैंगिकमार्गे शेकडो, हजारो पिढ्या निर्माण करू शकतात. उघडच आहे की लिंगभिन्नतेची जरूरी कोणत्यातरी वेगळयाच कारणासाठी असणार.

पुनरुत्पादनाच्या कामात नर आणि मादी कोणती भूमिका बजावतात याचे विश्लेषण केले तर या प्रश्नावर थोडाफार प्रकाश पडणे शक्य आहे.

जीवनाचे सातत्य टिकविण्यासाठी प्राणिमात्रांच्या सर्व जातीनी, जीवनाच्या

धकाधकीत उत्तम प्रकारे टिकणारी नवी प्रजा भरपूर संख्येत निर्माण केली पाहिजे. ही संख्या, काही अपवाद वगळता मुख्यतः प्रौढ मादींच्या संख्येवरच अवलंबून असते. कारण, कोणताही एक नर अनेक माद्यांचा सहचर होऊ शकतो.

तर मग नर कोणते कार्य पार पाडतो? असे दिसून येते की नर हा प्रामुख्याने गुणवत्तेसाठी जबाबदार असतो. सगळेच नर काही कुटुंबव्यवस्था प्रस्थापित करू शकत नाहीत, कारण मादीसाठी होणारी स्पर्धा फार तीव्र स्वरूपाची असते. जो नर जीवनकलहास उत्तम प्रकारे तोंड देऊ शकतो तोच कुटुंब निर्माण करतो.

हा काही केवळ शारीरिक पात्रतेचा प्रश्न नाही. अर्थात आपली वसती तयार करणे, तिचे संरक्षण करणे, तसेच जातीजातीतील नरांबरोदर होणाऱ्या झगड्यात टिकून राहणे यासाठी शारीरिक पात्रता हवीच. पण नवी प्रजाच अखेर आपल्या पालकांची जागा घेणारी असते हे ध्यानात घेता जीवन समर्थपणे व्यतित करणारे नरच दर्जेदार नवी पिढी निर्माण करतील हे स्पष्टच आहे.

नव्या पिढीतील गुणवत्ता टिकविण्याचे कार्य यशस्वीपणे पार पाडण्यासाठी सभोवतालच्या सर्व प्रकारच्या बदलांची तात्काळ दखल घेण्याची क्षमता नरात असली पाहिजे. या दृष्टिकोनातून पाहता, मादीपेक्षा नर जीवन कलहास तोंड देण्याबाबत कमी दर्जाचाच असावयास हवा, म्हणजेच जीवनास बाध आणणाऱ्या साध्यासुध्या कारणांची त्यास जाणीव व्हावयास हवी, तो मादीपेक्षा "नाजूकच" हवा! तसेच त्यांच्यात काटेकोर भेदही हवेत; काही हवामानातील बदल जाणणारे हवेत, काही अन्न मिळविण्यात वाकबगार हवेत तर काही नैसर्गिक शत्रूना तोंड देणारे हवेत.

रुढ कल्पनेच्या सर्वस्वी विरुद्ध वस्तुस्थिती ही की मादी नव्हे तर नर अधिक कमजोर असतात, माणसाच्या बाबतीतही ते खरे आहे. दीर्घायुष्याची गणती पाहता असे आढळते की सर्व देशात म्हाताऱ्या स्त्रियांची संख्या म्हाताऱ्या पुरुषांपेक्षा अधिकच असते. शंभरी गाठणाऱ्या सर्व व्यक्तींमध्ये स्त्रियांचे प्रमाण साधारणतः ६० टक्के असते. पण दीर्घायुषी स्त्रीपुरुषांमध्ये उच्चांकाच्या बाबतीत अग्रस्थानी मात्र पुरुषच असतात. एकत्रितपणे पुरुषजात विचारात घेतल्यास ती काहीशी कमजोर खरी पण पुरुष एकमेकांपासून एवढे भिन्न असतात की त्यातील एक किंवा दोन नक्कीच अग्रणी बनतात.



हे लक्षात घेतले तर सहज ध्यानात येईल की एकेकाळी गृहित धारण्यात आलेली अशी स्त्रीपुरुषांच्या बुद्धीमत्तेतील कमीजास्त पातळी अगदी निरर्थक, निराधार आहे. स्त्रियात अधिक समानता व एकरूपता आढळते खरी पण वरवर पाहता त्यामानाने जगास त्यानी वैशिष्टचपूर्ण स्त्रीयांची फारच थोडक्या संख्येतील देणगी दिली आहे. ही तुट भरून काढण्याकरताच की काय, मूर्ख पुरुषांच्या तुलनेने मूर्ख स्त्रियांची संख्या फारच थोडी असते. वरील सर्व विवेचनावरून ध्यानात येईल की भरपूर संख्येतील योग्य गुणवत्ता असणारी नवी पिढी निर्माण करण्याच्या गरजेतूनच लिंगभेद प्रामुख्याने अस्तित्वात आला. अशी निर्मिती याच मार्गे होऊ शकते.

दोन भिन्न लिंगप्रकार असावयाचे दुसरे कारण असे की त्यामुळे उत्क्रांतीचा विकास अधिक जलद झाला. अशा दोन प्रकारविरहित होणाऱ्या पुनरुत्पादनात आई व मूल अगदी एकसारखे, जणू एका शेंगेतील दोन दाणेच असतात. मूल आईपेक्षा क्वचितच वेगळे असते व हा वेगळेपणा केवळ योगायोगच म्हटला पाहिजे. यामुळे अलैंगिक पुनरुत्पादनातून वेगळया वैशिष्टचांची निर्मिती तर दूरच पण विकासही मंद गतीने होतो.

पण नर आणि मादी किंवा आई आणि बाप या दोहोंच्या उपस्थितीमुळे सारेच चित्र बदलते. त्यांच्यापासून होणाऱ्या संततीत काही विशेष गुण बापाकडून तर काही आईकडून वंशपरंपरेने येतात. हा काही बहु-उत्पादनाचा प्रकार नसतो, तर प्रत्येक संतती ज्या त्या आईबापांच्या वैशिष्टयानुसार तयार होते. ती जर यशस्वी ठरली तर परिणामी नव्या वैशिष्टयानी युक्त अशा संततीत रूपांतरित तर होतेच शिवाय ती संबंधित जातीत दूरवर प्रसृतही होते.

विवाह आणि कुटुंब

या ग्रहावरील कित्येक प्राणी कणिकमार्गे प्रजनन लेंरतात. एकपेशीय जीवमात्रांच्या लैंगिक प्रक्रियेत जीव ऊर्फ पेशी युगुल स्वरूपात असता मुख्यतः केंद्रक किंवा प्रकल-पदार्थाची देवघेव होते.

वर उल्लेखिलेल्या इन्फ्युसोरियाच्या विशिष्ट प्रकारात (इन्फ्युसोरियम स्लिपर ॲनिमलक्यूलमध्ये) ज्या दोन जीवांचे लैंगिक मिलन होणार असते ते आपापले पोट एवढचा निकट आणतात की ज्यायोगे त्यांची तोंडे एकमेकाशी जुळतील. मग या दोहोतील केंद्रकाचे पुन्हा विभाजन होते. त्यांच्यातील विशिष्ट रूपांतरही याचवेळी घडते. प्रत्येक इन्फ्युसोरियात नर-मादी रूपातील दोनच केंद्रक उरतात व ते अनुक्रमे चल व अचल असतात. गुणसुत्रेही अर्धी अर्धी विभागली जातात. इन्फ्युसोरिया नररूप चल केंद्रक बदलून घेतो व त्यापकी एक अचल मादी-केंद्रकाशी जोडला जातो. यातूनच, गुणसुत्रांचा सपूर्ण संच असणारा नवा केंद्रक इन्फ्सोरियात निर्माण होतो.

एकपेशीय प्राण्यांच्या केंगिक मिलनात एकमेकांशी अगदी मिळतेजुळते (उदा. वरील प्रकार) किंवा एकमेकांशी उघड उघड कोणतेच साम्य नसणारेही जीव असतात. या पूर्वी उल्लेखिलेल्या मलेरियाच्या प्लाझ्मोडियमपासून प्रथम लिंगविरहित प्रजा निर्माण होते. दहाव्या किंवा अकराव्या दिवशी लिंगभेद असणारी पिढी निर्माण होते. यातील नर लहान तर मादी मोठचा आकाराची असते. ते पुढे लैंगिक प्रजनन करतात.

बहुपेशीय जीवमात्रात खास लिंगकोशिका अथवा युग्मके असतात. त्यांच्या मिलनातून किंवा अधिक अचूकपणे सांगावयाचे झाल्यास त्यांच्या फलनातून नवे जीव तयार होतात. पण यामुळे प्रजनन क्रिया फार गुंतागुंतीची झाली.

नर व मादी-लिंगकोशिकांच्या खात्रीपूर्वक मिलन होण्याच्या दृष्टीने निसर्गास अनेक वैशिष्टचपूर्ण साधने निर्माण करणे भाग पडले.

निम्नस्तरीय बहुसंख्य प्राणिमात्रात हे मिलन त्यांच्या शरिराबाहेर घडते आणि लिंगकोशिकांचे खात्रीपूर्वक मिलन झाले की नाही हे पाहण्याची जबाबदारी त्यांच्यावर नसते. संतती निर्माण करण्यासाठी हे निश्चित मनाचे आई-बाप लिंगकोशिकांचे प्रचंड संख्येतील साठे निर्माण करतात. मग वनस्पतींच्या परागांप्रमाणेच त्यांचेही भवितव्य वाऱ्याच्या लहरीवर अवलंबून राहते. प्राण्यांमध्ये हा प्रकार अगदी मर्यादित जागेत व फक्त पाण्यातच घडून येतो.

लिंगकोशिका मिलनार्थ नशिबावर अवलंबून राहत नाहीत. यापैकी शुक्राणू हा बहुधा स्वतंत्ररीत्या हालचाल करू शकतो व काहीवेळा तर ही हालचाल खूपच वेगवान असते. तरीसुद्धा बहुसंख्य स्त्री-कोशिकांचे खात्रीपूर्वक फलन होण्यासाठी त्यांच्यापेक्षा पु-कोशिका कितीतरी पट अधिक संख्येत असाव्या लागतात. प्रजननाची ही रीत, मंदगतीचा तारा-मासा, काटेरी सागरी करंडा व इतर जलचरांमध्ये आढळते.

जे प्राणी समुहाने राहतात त्यांच्या जनन-कोशिका एकमेकांच्या संबंधात येणे सहज शक्य असते, पण तसे होण्यासाठी त्या पाण्यातच असणे जरूरी आहे. यासाठी प्राणी कोणता मार्ग अवलंबितात?

प्रजननातील हा टप्पा समजण्यासाठी रसायनशास्त्राच्या भाषेतच खुलासा केला पाहिजे. जननकोशिकातील अथवा त्यांच्याबरोबर येणारे रासायनिक पदार्थही पाण्यात टाकले जातातच. विरुद्ध लिंगाच्या प्राण्याना (किंवा समानलिंगी प्राण्यानाही) लैंगिक पदार्थ उत्सर्जित करण्यास वरील रासायनिक पदार्थ उद्युक्त करतात. हा रासायनिक संदेश मिळताच सबंध वसाहत प्रजननाच्या कामास लागते आणि मग मर्यादित जागेत नर आणि स्त्री-जननकोशिका प्रचंड संख्येत, बहुधा एकाच वेळी जमा होतात. खात्रीपूर्वक फलनासाठी ही परिस्थिती पुरेशी ठरते.

जलचर प्राण्यातील मीलनात त्यांची शरिरे फारच नजिक येतात. अंडी घालण्याचा काळ येताच नर बेडूक मादी शोधून आपल्या पुढच्या पायानी तिच्या कमरेस घट्ट विळखा घालतो आणि ती अंडी घालेपर्यंत आपली पकड सोडत नाही. कधी कधी जमिनीवर अशी भेट होते. मग मादी पाठीवरील बेडचावाकडचा उडचा मारीत पाण्याकडे जाताना दिसते. अंडी घालण्याची

क्रिया पूर्ण होईपर्यंत नर मादीच्या पाठीवर असतो. हे फार सोयीस्कार ठरते कारण नराचे शुक्राणू नेमके मादीच्या अंड्यावर पडू शकतात .

विकसित प्राण्यांमध्ये जननकोशिकांचा संबंध मादीच्या शरिरामध्ये येतो आणि त्यासाठी निसर्गाने नर व मादीस खास जननेंद्रिये बाह्यांगावर दिलेली आहेत. जननकोशिकांचे मिलन निश्चितपणे घडून यावे यासाठी नर आणि मादी आपली शरिरे अत्यंतिक जवळ आणतात. त्यासच मैथून म्हटले जाते.

अनेक प्राणी विशिष्ट ऋतूतच समागम करतात व जातीजातीनुसार हा काल वेगवेगळा असतो. इतर वेळी प्राणी प्रजननास तयार नसतो आणि गर्भ विकसित होण्याची खात्री नसते. नियततापि प्राण्यातील नर मात्र वर्षभरात केव्हाही प्रजननार्थ तयार असतात. हरिणासारख्या काही जातींचा मात्र त्यास अपवाद असून त्यातील नरातील जननकोशिका समागमाच्या विशिष्ट कालातच परिपक्व असतात. विशिष्ट कालातच प्रजनन होणे फारच उपयुक्त ठरते. इतर वेळी म्हणजे प्रतिकूल परिस्थिती असताना जन्मणाऱ्या पिलांच्या नशिबी मृत्यूखेरिज दुसरे काय असणार?

काही प्राणी वर्षभर केव्हाही समागम करू शकतात पण दोहोतही जर त्याचवेळी पक्व जननकोशिका असतील तरच समागम फलदायक ठरेल. माणसातील स्त्रीच्या बाबतीत अशी स्थिती वर्षातून तेरा वेळा येते कारण संपूर्ण लैंगिक आवर्तन अठ्ठावीस दिवसात पुरे होते. तथापि, प्रत्येक आवर्तन चोवीस तासांपेक्षा अधिक काळ टिकत नाही. म्हणजेच वर्षातील या तेरा दिवसात गर्भधारणा शक्य असते.

अनेक कीटक तसेच आळीरूप अँबिस्टोमा (ट्रायटॉन), अॅक्झोलॉल, सॅलॅमँडर (सरडयासारखाप्राणी) आणि इतर प्राणी खऱ्या अर्थी समागम करीत नाहीत. नर प्रथम शुक्राणू असणारी बारीकशी थैली (शुक्राणूधर) टाकतो. मग नरामार्फत किंवा खुद्द मादी ती आपल्या लैंगिक छिद्रावर बसविते. पुष्कळदा थैलीचे केवळ तोंडच छिद्रावर बसविले जाते आणि थैलीच्या छिद्रातून रेतुके मादीच्या जननमार्गात शिरतात. रेतुके इतरत्र पडू नयेत म्हणून खास उपांगेही असतात. या उपांगाच्या सहाय्याने किंवा नरातील खास ग्रंथीतून स्रवणाऱ्या चिकट पदार्थाने शुक्राणूंची थैली मादीच्या शरिरास पक्की बसविली जाते. पुष्कळशा कीटकांमध्ये मादी रिकामी झालेली थैली खाऊन टाकते.

याहीपेक्षा सोपी पद्धत काही कीटकात पहावयास मिळते. शुक्राणू बाहेर

टाकल्यावर नर, त्याच्या तोंडास असणाऱ्या खास उपांगामार्फत ते गोळा करतो आणि मादीच्या जननमार्गात टाकतो.

नराचे लैंगिक इंद्रिय आणि मादीतील जननेंद्रियाचे तोंड, शरिराच्या वेगवेगळया भागीही आढळते. कोणाच्या पायावर तर कोणाच्या डोक्यावर तसेच इतरत्रही असते. एका जातीचा कोळी (गार्डन स्पायडर) आपल्या जबडयावरील सोंडेचे (शुण्डकाचे) धारदार टोक मैथुनांग म्हणून वापरतो. समागमापूर्वी हा कोळी जाळे विणून त्यावर शुक्राणू टाकतो. मग सोसनळी-प्रमाणे सोंडेच्या खास भागामार्फत एक थेंबभर शुक्राणू गोळा करतो. आता तो समागमास तयार झाला!

गोगलगायीच्या जननेंद्रियाचे तोंड डोक्यावर असते. अष्टपाद ऊर्फ ऑक्टोपसच्या आठापैकी एका सोंडेत शुक्राणू असतात. अतिशय चमत्कारिक वस्तुस्थिती ही की शुक्राणू असणारी सोंड, ऑक्टोपसच्या शरिरापासून पूर्णतया वेगळी होते आणि स्वतंत्रपणे जगते. पूर्वी, ही स्वतंत्र झालेली सोंड म्हणजे हेटरोकॉटॉईल नामक स्वतंत्र प्राणी आहे असेच मानले जात असे. वास्तविक शीर्षपादी मृदूकाय प्राण्याचाच तो एक अवयव आहे असा कोणालाच संशय आला नाही. या सोंडेची जेव्हा ऑक्टोपसच्या मादीशी गाठ पडते तेव्हा हा "हेटरोकॉटॉईल" तिच्या जननेंद्रियात शिरतो आणि त्यात शुक्राणू टाकतो.

काही कीटकातील माद्याना स्वतंत्र जननेंद्रियमार्ग नसतो. नर आपले टोकदार मैथुनांग मादीच्या शरिरात कुठेही टोचतो आणि शुक्राणू टाकतो. मादीच्या अंतर्गत पोकळीतून हे शुक्राणू अंड्याशी संबंध येईपर्यंत मार्गक्रमण करीत राहतात. रोटिफर आणि जळवा ही पद्धत वापरतात; ते शुक्राणूंची थैली मादीच्या अंगात घुसवितात.

समागमाचा काल काही सेकंदांपासून कित्येक दिवसांचा असू शकतो. या पूर्वी उल्लेखिलेल्या बेडकांच्या समागमाचे "नाटक" तीन दिवसांपर्यंत चालू असते पतंगाचा समागम-कालकित्येक तासांचा असतो. त्यातील नर एक खास चिकट पदार्थ स्रवतो व तो हवेमुळे वाळून कडक बनणारा असतो. या स्रावाच्या सहाय्याने तो मादीस घट्ट चिकटून राहतो.

काही वेळा समागम धोकादायक असते. कोळयातील नर अतिशय सावधगिरीने व चोरपावलानी मादीकडे जातो. जर मादीने नरास हेरले तर त्यास ती खलासच करते. समागमानंतरही मादीच्या तावडीतून सुटणारे नर अगदी बोटावर मोजण्याएवढेच.

समागम चालू असतानाही नरास धोका असतोच. तो टाळण्यासाठी काही कोळी, आपल्या पुढील पायावर असणाऱ्या खास आकड्यानी मादीचे तोंड पक्के बंद करतात. हा सर्व प्रकार पाहता माद्यांपेक्षा नरांची संख्या शेकडोनी जास्त असते याचे नवल वाटू नये. नरांची एवढी भरपूर संख्या असेल तरच त्यापैकी काही निधड्या छातीचे निघतील आणि समागमासाठी प्राणाची बाजी लावतील.

काही प्राण्यांमध्ये समागमानंतर कोणाचा तरी एकाचा मृत्यू निश्चित असतो. इतर साऱ्या उत्सुक नर मधमाशाना दूर करून समागम करणारा नर समागम संपताच मरण पावतो. नाकतोड्यातील (खंडोबाच्या किड्यातील) मादी, समागम चालू असतानाच नरास डोक्याकडून खाण्यास सुरुवात करून संपविते.

पॉलिचिटा वर्गातील वलयांकित आळयांच्या एका प्रकारात समागमाची ऊर्फ प्रजननाची रीत म्हणजे एक शोकांतिका असते. नर आपले शुक्राणू मादीच्या अगदी तोंडात टाकतो. मग तो मादीचे तुकडे तुकडे करतो आणि त्यातून बाहेर पडणाऱ्या अंड्यांमार्फत शुक्राणूचे फलन साधतो.

पुष्कळदा, आईबाप कर्तव्यकर्मातील आपापला वाटा उचलतात पण त्यांची कामे एवढ्या काटेकोरपणे निश्चित झालेली असतात की ते पिलाचे पोषण करण्यापुरतेच एकमेकाना साथ देतात. चिमण्या ससाण्याची पिले जन्माला आल्यानंतर मादी घरटे सोडेनाशी होते व पिलांचे रक्षण करणे व त्याना थंडीवाऱ्याची बाधा होऊ न देणे ही कामे करते. पिलांच्या व मादीच्या उदरनिर्वाहाची जबाबदारी नरावर असते. तो दिवसभर शिकार करतो आणि घरी खाद्य आणून टाकतो. (कित्येक प्राणी प्रत्यक्ष बापालाही घरात येऊ देत नाहीत.) खाद्य साफ करणे, त्याचे तुकडे करणे व पिलाना ते खाऊ घालणे याचे त्यास ज्ञान नसते.

या कुटुंबातील नराची हानी झाली तर अनुभवी मादी पिलाना वाढविते खरी, पण ती खाद्य घरी आणण्याच्या बाबतीत अनुभवी नसते. पिले मातेविना पोरकी झाली तर मग ती उपासमारीने मरण पावतात. बाप नेहमीप्रमाणे घरट्याच्या दारात खाद्य आणून टाकत राहतो पण पिलाना भरविण्याचा प्रयत्न करीत नाही.

शास्त्रज्ञांचे असे मत आहे की जे प्राणी आयुष्यभर वैवाहिक बंधनात राहू इच्छितात ते काही परस्परांबद्दल आकर्षण असते म्हणून नव्हे तर घरा-

बद्दलची आत्मीयता हे त्यामागचे कारण आहे. "चांगले कुटुंबवत्सल" म्हणून ज्यांची प्रसिद्धी आहे ते करकोचेसुद्धा दुसऱ्या पत्नीचा सहजगत्या स्वीकार करतात. वसंत ऋतूत नर प्रथम घरट्याकडे येतो. यावेळी एखादी तरुण मादी जर सहचारी म्हणून त्याच्याबरोबर आली तर तो तिचा तात्काळ स्वीकार करतो. त्यापाठोपाठ खरी मालकीण परतली तर त्या दोघींची चांगलीच झटापट होते आणि नर हे सारे त्रयस्थपणे पाहत असतो. त्या दोघीत वरचढ ठरणारी त्याचे पत्नीपद भूषविते.

स्वतंत्रपणे वावरणारी आणि सुदृढ प्रजा जन्मास येणार असेल तर कौटुंबिक जीवनाची चौकट वेगळ्या प्रकारची राहते. इथे पिलांची काळजी घेत बसण्याची नरमादीस जरूरी नसते आणि कौटुंबिक जीवन वैचित्र्यपूर्ण ठरते. पर्च (झँडर) हा एक गोड्या पाण्यातील मासा असून आपल्या जन्मस्थानी तो वसंत ऋतूत येतो. मग त्यांचा थवा विखुरतो आणि प्रत्येक जण तळाची जागा निवडतो, साफ करतो व पाणवनस्पतींच्या मुळ्या वापरून घर उभारतो. त्यांच्यापैकी कित्येकजण अतिशय गुंतागुंतीचे घरटे तयार करतात.

घर उभारल्यावर त्यामध्ये नर मादीची प्रतीक्षा करीत राहतो. मादीचे आगमन होते, ती अंडी घालते आणि मग, जणू काही घडलेच नाही अशा थाटात भटकन्तीस निघून जाते. मागे राहणारा नरच अंड्यांची काळजी घेतो. पण एकदा पिले जन्मली की तोही पिलाना एकाकी सोडून निघून जातो. तो पिल्लाना एवढ्याचसाठी खाऊन टाकत नाही की ती अगदीच लहान असल्यामुळे तेवढा त्रास घेणे परवडणारे नसते.

माशांच्या बाबतीत बहुधा नरच कुटुंबियांची काळजी घेणारा असतो. अशी वैचित्र्यपूर्ण कुटुंबे पक्ष्यातही पहावयास मिळतात. फॅलॅरोप नामक पक्षातील छोटीशी मादी केवळ अंडी घालण्याचे काम करते आणि ती उबविण्याची व पिल्लांची काळजी घेण्याची जबाबदारी नरावर सोपवून मोकळी होते.

याहीपेक्षा अधिक कुतुहलजनक कुटुंबव्यवस्था, तर्निक्स हेमिपोड या सोविएत संघाच्या अति पूर्वेस आढळणाऱ्या पक्ष्यांमध्ये दिसून येते. प्रजननच्या कालात इतरांप्रमाणेच मादी घरटे बांधते आणि चार अंडी घालते. मग सारी जबाबदारी नरावर सोपवून निघून जाते. नंतर ती दुसरे घरटे उभारते, नवा सहचर मिळवून आणखी काही अंडी घालते आणि पहिल्याप्रमाणेच निघून जाते. हा प्रकार ती अनेक वेळा करते.

काही वेळा आईबाप मुलांची काळजी न घेणारे असतात. मादी एखादी "परिचारिका" अथवा दत्तक-पालक निवडते आणि मुलांचे संगोपन त्यांच्यावर सोपविते. असे अनेक चलाख पक्षी आहेत. कोकिळेच्या पन्नास जाती आपली अंडी इतर पक्ष्यांच्या घरट्यात घालतात तर आफ्रिकेतील हनी-गाईडच्या व वेव्हर फिंचेसच्या अनुक्रमे दहा व चार जाती आणि अमेरिकेतील ऑक्स-पेकर अशीच लबाडी करतात.

या धूर्तांचे आणखी एक विशेष हे की दत्तक पालकानी संगोपनाची सारी मेहनत फक्त आपल्याच पोराबाळाकरिता घ्यावी, त्यात कुणी वाटेकरी नसावेत अशी त्यांची धारणा असते. आपली पिले थोडीशी मोठी झाली की कोकिळ जोडपे इतर "सावत्र" भावाना घरट्याबाहेर फेकून देतात. दुसऱ्याच्या घरट्यात अंडी घातल्यावर ऑक्स-पेकर स्वतःची सोडून इतर सारी अंडी फोडून टाकतो व अशा प्रकारे पुढे होणारी स्पर्धा टाळतो.

दुसऱ्यांच्या घरट्याचा असा वापर करण्याची सवय, आपण समजतो त्यापेक्षा कितीतरी अधिक पक्ष्यात आहे. घरट्यांसाठी योग्य अशा जागांची जेव्हा चणचण निर्माण होते तेव्हा काही पक्षी नजिकच्या नातेवाईकांच्या घरट्यात अंडी घालतात. मिलार्ड, गोल्डन-आय आणि शेल्ड्रेक (सिवॅश सरोवराकाठचे) या सोविएत संघाच्या उत्तर भागात राहणाऱ्या पक्ष्यांमध्ये हा प्रकार आढळतो. दक्षिण अमेरितील काळ्या डोक्याचे बदक घरटे कधीच बांधत नाही. इतर मोठ्या आकारातील पक्ष्यांच्या घरट्यांच्या आसपास हे बदक आपली अंडी घालते. त्यांची कुणादत्तक-आईबापांकडून काळजी घेतली जाईल की नाही याची ते फिकीर करीत नाही. ही जात आजपावेतो टिकून आहे याचे कारण हे की ती फार मोठ्या संख्येत अंडी घालते; त्यामुळे काही पिल्ले नक्कीच जगतात.

काही जाती आपली पिल्ले एकत्रितपणे वाढवितात. अंटार्क्टिकात आढळणारे एंपरर पेन्ग्विन (पेन्ग्विनची एक जात) आपल्या पिल्लाना "बालक-मंदिरा"त नेतात. तिथे सारी पिले एकमेकांच्या सहवासात दिवस घालवितात आणि इकडे आईबाप मासेमारी करण्यात गर्क असतात. पिल्ले एकत्रित वाढविली जातात खरी पण प्रत्येकास स्वतंत्रपणे खाऊ घातले जाते. डझनावारी एकसारख्या पिल्लांमधून आईबाप आपली पिल्ले बरोबर ओळखतात आणि त्याना व्यवस्थित खाऊपिऊ घालतात.

समाजप्रेमी कीटकातील कुटुंबव्यवस्था फार गुंतागुंतीची आणि कुटुंबेही

अनेक असतात. मधमाशीचे कुटुंब हजारोंच्या संख्येत असते आणि मुंग्या व वाळवी यांची कुटुंबसंख्या लाखात सांगावी लागेल.

काही कुटुंबे बहुजिनसी असून विविध प्रकारच्या गणात विभागलेली असतात. राणीमाशी आणि नर हे अशा मोठ्या कुटुंबाचे जनक असतात; काही कामकरी माशा तर काही शिपाई-माशा —लांबपंखी, लहानपंखी, आणि अनेक अधलेमधले प्रकार असतात. कुटुंबातील सर्व सभासद परस्परावलंबी असून एक जरी एकाकी पडला तर त्याचा नाश ठरलेलाच आहे, मग त्याला पुरेसे अन्नपाणी असले तरी. जे सभासद साऱ्या कुटुंबास अन्नपाण्याचा पुरवठा करतात त्याना मात्र अन्नाची कमतरता भासते.

समाजप्रिय कीटकांची अर्भके ऊर्फ आळयांचे संगोपन करणे हे फार गुंतागुंतीचे काम असते. जन्मदाते या कामात कोणताच रस घेत नसल्यामुळे आस्थापूर्वक काम करणाऱ्या दायांच्या आभावी आळया जगणे अशक्यच. अंडी घालणे एवढेच काम राणीमाशी करते. नवी वसाहत करणारे जन्मदाते, कुटुंबाची जबाबदारी सोपविण्याइतपत मोठ्या होईतो आळयांची काळजी घेतात मग ते खाणे आणि विणे या व्यतिरिक्त इतर काही करीत नाहीत.

समाजप्रिय कीटकांच्या कुटुंबव्यवस्थेत अनेक वैचित्र्ये पहावयास मिळतात. उदाहरणार्थ, ते आयुष्यभर सोबत करतात. त्यांचे विवाह कधीच मोडत नाहीत. त्यामागील कारण म्हणजे नवराबायकोतील परस्पर आकर्षण नसून कौटुंबिक जीवन व्यतित करण्याची विशिष्ट पद्धती या एकनिष्ठतेस कारणीभूत असते.

दोन धागे

विकसित प्राण्यांतील प्रजननास नर आणि मादी प्रकृतीच्या जननकोशिका ऊर्फ युग्मके आवश्यक असतात. त्या स्वतः एकमेकांपासून खूपच भिन्नस्वरूपी असून जीवमात्रातील इतर पेशींपेक्षाही वेगळ्या असतात. स्त्री-बीजांड हे चेंडूसारखे गोलाकार असून त्यामध्ये मोठ्या प्रमाणात पीतक (पिवळा बलक) हे द्रव्य असते. सस्तन प्राण्यातील फलनानंतर त्वरित अस्तित्वात येणाऱ्या नव्या जीवाची उभारणी या पीतकापासूनच होते आणि इतरात, गर्भ परिपक्व होईपर्यंत पोषकद्रव्ये पुरविली जातात. हे पाहता, इतर पेशींच्या तुलनेने स्त्रीबीजांडे राक्षसी आकाराचीच असतात असेच म्हणावयास हवे.

पृथ्वीतलावर राहणाऱ्या साऱ्या प्राण्यांमध्ये सर्वात मोठे अंडे जर कुणाचे असेल तर ते शहामृगाचे होय. (या ठिकाणी बीजांडावरील सर्व आवरणे लक्षात घेतली असून पक्ष्यांच्या अंड्यातील पांढरा भाग व कवचही आवरणेच समजली जातात.) शहामृगाचे अंडे वजनात दोन ते तीन किलोग्रॅम भरते. आज नि:शेष असणाऱ्या इतिहासपूर्व प्राण्यांची व डोडो नामक त्यामानाने अलिकडच्या प्राण्यांची अंडी बादलीएवढी असत. मानवी बीजांड मात्र सर्वात लहान म्हणजे ०.२ ते ०.५ मि. मि. व्यासाचे असते. अपृष्ठवंशी प्राण्यांची (उदा. गांडुळ, गोगलगाय, इ.) अंडी याही पेक्षा लहान म्हणजे ०.०४ मि. मि. व्यासापर्यंत असतात.

मादीच्या जननेंद्रियातील अंडाशयात बीजांडे परिपक्व होतात. माणसांमध्ये, मुलगी अगदी लहान म्हणजे सुमारे अडीच वर्षांची झाली असता हे अंडाशय विकसित होते व त्यानंतर पुढे त्यात कोणतेच परिवर्तन होत नाही. असा अंदाज केला जातो की या वयाच्या मुलीत, तिच्या प्रत्येक अंडाशयात ३०,००० बीजांडे असतात. याही पूर्वीच्या काळात, ती कितीतरी अधिक असतात. गर्भाच्या सहाव्या महिन्यापासून त्यापैकी काही गर्भाच्या अंडाशयात वाढीस लागतात पण पूर्णतया परिपक्व होत नाहीत.

जेव्हा बीजांडे परिपक्व होतात तेव्हा त्यांचे दोनदा विभाजन होते आणि एकूण गुणसुत्रांपैकी अर्धी त्यात येतात. मुलगी वयात आली असतानाच बीजांड परिपक्व होते आणि अंडमोचन (बीजांड अंडाशयातून बाहेर पडणे) घडून येते. दर वर्षी तेरा याप्रमाणे एकूण आयुष्यात चारशेपेक्षा थोडी जास्त बीजांडे परिपक्व होतात.

पुरुषातील शुक्राणू आकाराने आणि स्वरूपात शरिरातील इतर पेशींपेक्षा खूपच वेगळे असतात. वेगवेगळ्या प्राण्यात ते वेगवेगळ्या आकारांचे असतात. एक साम्य मात्र सर्वांमध्ये आढळते, ते म्हणजे शुक्राणू हिंडतेफिरते असून स्त्रीबीजांडापेक्षा लहान आकाराचे असतात.

सस्तन प्राण्यातील शुक्राणू, डोके व लांब शेपटी अशा स्वरूपात असून शेपटीच्या साहाय्याने ते फिरू शकतात. माणसातील शुक्राणू ५० ते ७० मायक्रॉन लांबीचे व डोके अवघे चार ते पाच मायक्रॉन जाडीचे असते. शुक्राणूंची रचना अत्यंत गुंतागुंतीची असते, मग तो प्राणी अगदी अविकसित का असेना. छिद्र पाडण्यास उपयोगी पडणारे असे एखादे "हत्यार" शुक्राणूस असून त्याच्या सहा य्याने तो बीजांडाचे आवरण फोडू शकतो.

नरातील वृषणात शुक्राणू वाढतात. पृष्ठवंशी प्राण्यात वृषणांची एक जोडी असून ती शरिराच्या पोकळीत असते. फक्त माणसात व काही सस्तन प्राण्यातच ती त्वचेलालागून असणाऱ्या एका खास थैलीत असतात. गर्भावस्थेच्या काळात ही वृषणे मूळ जागेपासून थैलीत जातात. काही कारणाने हे स्थानांतर झाले नाही तर अशा वृषणात शुक्राणू तयार होणार नाहीत. पोटाच्या पोकळीतील जादा उष्णतामानामुळे असे होते असा एक अंदाज आहे. काही असले तरी ज्यांची वृषणे शरिराच्या पोकळीत आहेत आणि शरिराचे तपमानही खूपच असते असे हत्ती समागमकालात थंड हवा असणाऱ्या उंच पर्वतात जातात. अन्यथा, गर्भधारणा होणे अशक्यच. हे महाकाय प्राणी जेव्हा उत्तरेकडील थंड प्रदेशात आणले जातात तेव्हा पहिल्या काही वर्षांमध्येत त्याना पिले होतात. खरे पाहता बंदीवान हत्ती – मग ते त्यांच्या मातृभूमीत का असेनात – फार क्वचितच वितात.

नराच्या वृषणात गुंडाळयांच्या स्वरूपात सुमारे एक हजार नलिका असून त्यांच्या भिंत्तींमध्ये मोठाल्या अंडाकृती जननकोशिका असतात. त्या विभाजित झाल्या असता त्यांचे शुक्राणत रूपांतर होते. स्त्रीबीजांडाप्रमाणेच या विभाजित भागात निम्मी गुणसुत्रे येतात. रूपांतरणाच्या गुंतागुंतीच्या क्रियेतून पार पडल्यानंतर पूर्वीच्या साध्यासुध्या व अंडाकृती पेशीचा परिपक्व शुक्राणूत विकास होतो.

हे शुक्राणू हालचाल करण्यास असमर्थ असल्यामुळे वर उल्लेखिलेल्या नलिकांच्या गुंडाळयातून ढकलले जातात व रेतवाहक द्रव असणाऱ्या अधिवृषणात (अतिशय गुंतागुंतीच्या नलिकेत) साचतात. या द्रवातच शुक्राणूना अत्यंत आवश्यक अशी ग्लूकोज व फ्रूक्टोज ही पोषक-द्रव्ये असतात.

शुक्राणू व स्त्रीबीजांड यांचे मीलन मादीच्या जननेंद्रियातील मार्गात होवो किंवा इतरत्र बाहेर होवो पण स्त्रीबीजांडापर्यंत पोहोचण्याची संधी प्रत्येक शुक्राणूस कधीच मिळत नाही. माणसातील शुक्राणूस स्त्रीच्या जननेंद्रियातील लांबलचक मार्ग पार करावयाचा असतो. हे मार्गक्रमण मिनिटास १.५ ते ३ मि. मि. या वेगाने चालते.

हे मीलन (खरे पाहता फलन) घडून येण्यास शुक्राणू फार मोठ्या संख्येत असणे जरूरी आहे. फलन मात्र एकाच बीजांडाचे होणार असते. संभोगसमयी स्त्रीच्या जननेंद्रियात किमान बीस कोटी शुक्राणू टाकले जातात, परिपक्व स्त्रीबीजांड तेथे असलेच तर फक्त एकच असते. ही परिस्थिती

अधिकच वाईट होते ती शुक्राणू व स्त्रीबीजांड याच्या अल्पायुषामुळे. अंडाशयातून बाहेर पडलेले स्त्रीबीजांड फक्त चोवीस तास जगते, तर स्त्रीजननेंद्रियात टाकले गेलेले शुक्राणू थोडा जास्त काळ म्हणजे २४ ते २८ तास जगतात.

या आयुर्मर्यादाच केवळ अत्यंतिक महत्त्वाच्या आहेत असे नाही. फलनक्रियेची त्यांची क्षमता किती वेळ टिकाव धरू शकते हेही तेवढेच महत्त्वाचे असते. सामन माशाच्या बीजांडावरील आवरण (पटल) पाण्याशी संबंध येताच एवढे कठीण होते की शुक्राणूस त्यास छिद्र पाडणे अशक्य व्हावे. खुद्द शुक्राणू पाण्यात फारच थोडा वेळ वावरू शकतो. सामन माशाचे शुक्राणू ४५ सेकंद तर ब्रुक ट्राउट या गोड्या पाण्यातील माशाचे अवघे २३ सेकंद जगतात. या अत्यल्प काळातच दोहोंचा संबंध येणे जरूर असते. ट्राउट माशांची कृत्रिम निपज किंवा "शेती" करणाऱ्यानी हे लक्षात घेतलेले असते आणि पाण्यात शुक्राणू असल्यावरच स्त्रीबीजांडे मिसळली जातात.

शुक्राणू जर पाण्याबाहेर साठविले तर त्यांचे आयुर्मान व चलनवलन वाढविता येते. काही माशांचे शुक्राणू या प्रमाणे "कोरडे" ठेवले तर ते एक ते दोन आठवडे जगू शकतात आणि कधी कधी जास्त काळही.

काही प्राण्यांचे शुक्राणू मादीच्या जननेंद्रियातील मार्गात दीर्घकाल टिकविले जातात. वटवाघुळे हिवाळ्यात समागम करतात पण फलनक्रिया खूप नंतर घडून येते. मादीच्या शरिरात टाकलेले रेत, तिच्या जननेंद्रियाच्या मार्गात वसंत ऋतूपर्यंत टिकविले जाते. गोगलगायीच्या बाबतीत तर रेताचा जतनकाल वर्षांमध्ये सांगावा लागेल. साऱ्या आयुष्यात मधमाशा एकदाच समागम करतात. मादीच्या जननेंद्रियाच्या मार्गास जोडलेल्या एका खास थैलीत रेत साठविले जाते. जेव्हा अंडी घालावयाची असतात तेव्हा राणीमाशी या थैलीचे मृदू व स्नायूरूप तोंड इच्छेनुरूप उघडू शकते आणि रेतुकास अंड्याचे फलन साधता येते. अंडी घालण्याच्या वेळी काही करणाने थैलीचे तोंड बंद राहिले तर मग अंडी अफलित राहतात.

शुक्राणू व स्त्रीबीजांड यांची गाठ कशी पडते याबाबत फारच थोडी माहिती उपलब्ध आहे. शुक्राणूंची संख्या तर फार मोठी असते व त्यापैकी एकाचीच स्त्रीबीजांडाशी गाठ पडते हा केवळ योगच म्हणावा लागेल. ही भेट सुकर व्हावी म्हणून काही खास साधनेही असतात. काही प्राण्यात बीजांडांमध्ये खास द्रव्य असते व ते अगदी सूक्ष्म स्वरूपात सभोवताली

पसरविले जाते. त्याच्यामुळे शुक्राणूंची आयुर्मर्याद तरी वाढविली जाते किंवा त्याना आकर्षित केले जाते.

शुक्राणू काही फार मोठ्या संख्येतच हवेत असे नाही. काही प्राण्यांच्या प्रजनन पद्धती, शुक्राणू व बीजांड यांची गाठ सहजपणें पडावी अशी असते. असे प्राणी थोड्याशा शुक्राणूंवर काम निभावून नेतात. काही मृदूकाय निम्नस्तरीय प्राण्यात उदाहरणार्थ पाणपिसूत (डफ्निया) एका लहानाशा अंडकक्षात दोन अंडी साठविली जातात. समागमसमयी, या अंडकक्षोच्या छोट्याशा तोंडातून रेत शिरते व त्यानंतर तोंड बंद होते. या पाणपिसूचे रेतुका फार मोठ्या आकाराचे, मंद वेगाचे आणि अगदी कमी संख्येता असतात. समागमसमयी फार तर पाच रेतुका अंडकक्षेत जाऊ शकतात. नरामध्ये विसापेक्षा अधिक संख्येत ते नसतात.

बीजांडाच्या पटलास शुक्राणू जोडला गेला की फलनक्रियेस सुरुवात होते. त्यास बीजांडात शिरकाव करून घ्यावयाचा असतो, पण बीजांडाचे कवच अथवा पटल त्यास मनाई करते. काही प्राण्यात (काटेरी कातडीच्या, उदा. सागरी करंडा, तारामासा, सागरी काकडी) हे पटल फारच जाड असते. बराच वेळ त्यात शिरकाव करणे शुक्राणूस अशक्यप्राय होते. बीजांडाच्या मानाने शुक्राणूचा आकार नगण्य असतो तरीसुद्धा कित्येक हजार शुक्राणूंचे सैन्य बीजांडावर हल्ला करून त्यास चारी बाजूनी घेरते व मिळेल तिथून शिरकाव करू पाहते.

खुद्द पटलाखेरीज, स्त्रीबीजांडाभोवती पेशींचे आवरण (कोरोना रेडिएटा) असून एका शुक्राणूस ते पार करणे शक्यच नसते. जेव्हा हजारो शुक्राणू एकत्रितरीत्या प्रयत्न करतात तेव्हाच हा अडथळा दूर करणे शक्य होते. शुक्राणूंच्या डोक्यात अगदी सूक्ष्म प्रमाणात हायॲल्युरोनिडेज नामक खास वितंचक असून त्याच्या मदतीनेच वरील पेशी-आवरण नष्ट केले जाते. हा पदार्थ पेशीना एकत्रितपणे जोडून टाकतो. जोपर्यंत हे साध्य होत नाही तोपर्यंत कोणत्याच शुक्राणूचा स्त्रीबीजांडात प्रवेश होत नाही.

जेव्हा बीजांडात शुक्राणू प्रवेश करतो तेव्हा अनेक बदल घडून येतात. उदाहरणार्थ, फलन-पटल हे नवे आवरण तयार होते. ते एवढे दाट असते की दुसरे कोणी शुक्राणू त्यात प्रवेश करू शकत नाहीत. यामुळे एकापेक्षा अधिक शुक्राणूंमार्फत फलनक्रिया घडण्यास प्रतिबंध होतो.

स्त्रीबीजांडातील केंद्रक, आत शिरलेल्या केंद्रकाशी सायुज्यित होतो.

अशा तऱ्हेने नव्याने तयार होणाऱ्या पेशीस गुणसुत्रकांचा पूर्ण संच प्राप्त होतो. यानंतर पहिले विभाजन घडते.

काही बाबतीत फलन-पटल लगेच तयार होत नाही, मग अनेक शुक्राणू बीजांडात शिरतात. त्यामुळे गुणसूत्रांची संख्या नेहमीपेक्षा अधिक होते. काही जातीत हा प्रकार पुष्कळदा घडतो. तरीसुद्धा, या प्रकारातही एका शुक्राणूचा फक्त केंद्रक स्त्रीबीजाच्या केंद्रकाशी सायुज्यित होतो, बाकीचे नजिकच नाश पावतात आणि पौष्टिक अन्न म्हणून ते वापरले जातात. अगदी क्वचितप्रसंगी, एकापेक्षा जास्त शुक्राणू सायुज्यित होतात. सर्वसाधारणपणे अशा बीजांडाची विचित्रपणे वाढ होते आणि थोडक्या काळात ते निर्जिव होते. तथापि काही कीटक, पक्षी व सस्तन प्राण्यांच्या बाबतीत अनेक शुक्राणूंमुळे फलनक्रिया प्रायोगिकरीत्या साधून जन्मलेले जीव पूर्णपणे वाढविण्यात आले आहेत.

एका स्त्रीबीजांडाचे एकाच शुक्राणूमुळे फलन होऊनही बहुगुणसूत्री ऊर्फ गुणसूत्रांच्या एका संचापेक्षा अधिक संच असणारे प्राणी जन्मू शकतात. जर फलनानंतरचे विभजन खंडित झाले तर असे होणे शक्य असते. बहुगुणसूत्रता खासकरून वनस्पतींमध्ये विस्तृत प्रमाणात आढळते. बहुगुणसूत्री वनस्पतींच्या पेशी इतरांच्या मानाने मोठाल्या असून तशा खुद्द वनस्पतीही चांगल्या मोठ्या आकाराच्या असतात. सर्व सुधारित वनस्पती बहुगुणसूत्री असतात. प्राणिमात्रात हा प्रकार तुरळक आढळतो. लिंगनिश्चिती होताना काहीसा अनिश्चितपणा होत असावा. एकलिंगी प्राण्यांमध्येच बहुगुणसूत्रता अगदी सहजगत्या घडून येते.

फलनक्रियेचे एक वैशिष्टच असे की ती अव्युत्क्रमी अथवा अपरिर्वतीय आहे. बीजांडात शिरलेला शुक्राणू जर काही कारणामुळे नाश पावला तर, जणू काही घडलेच नाही या भावनेतून बीजांडाची वाढ व विभाजन चालूच राहते. बीजांडातील शुक्राणू काळजीपूर्वक जरी वेगळा केला तरीसुद्धा वाढ चालूच राहील. अशा दुषित प्रकारे फलन पावलेल्या बीजांडातील गर्भ वाढीच्या सुरुवातीच्या टप्पातच नाश पावतो आणि अपवादात्मकरीत्याच पूर्णपणे वाढतो. कोणत्याही कारणामुळे का असेना, शुक्राणूविरहित वाढीचा गुण हे बीजांडाचे फार महत्त्वाचे वैशिष्टच असून त्यामुळेच बीजांड मोठ्या कुतुहलजनक रीतीने वाढू शकते.

प्रेमवेड्या सॅल्मॅसिसचे मागणे

एका ग्रीक दंतकथेनुसार कॅरियातील कोण्या एका सरोवरात सॅल्मॅसिस नामक एक सौंदर्यवती राहत होती. ती एकदा, हर्मिस आणि ॲफ्रोडाईट यांच्या हर्माफ्रोडिटस या अत्यंत देखण्या मुलाच्या प्रेमात पडली. परमेश्वराला तिने विनविले की त्या युवकाबरोबर तिला कायमचे राहू द्यावे. सॅल्मॅसिसचे म्हणणे मान्य करण्यात आले आणि एकाच शरिरामार्फत दोघाना जोडले गेले. ही नवी व्यक्ती अर्थातच द्विलिंगी झाली. ग्रीक लोकांच्या परमेश्वरासच हा " विनोद" करण्याची लहर आली असे नसून निसर्गसुद्धा कधी कधी असाच वागतो. या पृथ्वीवर द्विलिंगी प्राणी अनेकदा पहावयास मिळतात.

द्विलिंगी अथवा उभयलिंगी प्रकार दोन स्वरूपात आढळतो. एक नैसर्गिकपणे अस्तित्वात येतो तर दुसऱ्या प्रकारात ती एक जन्मतः अनैसर्गिक अशी विकृती समजली जाते. हे द्विलिंगी प्राणी कसे असतात?

द्विलिंगी प्राण्यात दोन्ही प्रकारच्या जननग्रंथी असून एक पुंबीजे व दुसरी स्त्रीबीजे निर्माण करते. तथापि, त्यांची जननेंद्रिये पूर्ण वाढीची नसतात आणि त्यामार्फत निर्माण होणारी पुंबीजे व स्त्रीबीजे वापरून नवीन जीव निर्माण करणे या द्विलिंगी प्राण्यास शक्य नसते. तरीसुद्धा, अल्पशा संख्येतील काहीना ते शक्य असते. बहुसंख्य द्विलिंगी प्राण्यांच्या बाबतीत, ते अगदी एकलिंगी प्राण्याप्रमाणेच जरी दिसत असले तरी प्रजननार्थ दोन जणांची आवश्यकता असतेच.

परोपजीवी जीवामध्ये स्व-फलनाची क्रिया सर्रास आढळते. तसे नसते तर दुसऱ्याच्या शरिरात राहणारे व बाह्य जगापासून अलग झालेले हे परोपजीवी प्रजोत्पादन करण्यास असमर्थ ठरले असते.

स्व-फलनाचे स्वरूप पुष्कळदा समागमासारखे असते. स्त्रीबीज व पुंबीज यांचा संयोग घडण्यासाठी एक प्रकारचा केसलयुक्त कृमी, आपले मैथुनांग त्याच्या स्वतःच्याच शरिरात असणाऱ्या एका विशिष्ट छिद्रात सरकवतो.

काही जातींच्या प्राणिमात्रात स्व-समागम झाले नाही तरी चालते. बीजांचे मिलन खात्रीपूर्वक होईल अशीच त्यांच्या जननेंद्रियांची रचना असते. देवमाशाच्या आकड्यात राहणाऱ्या एक प्रकारच्या चापटकृमीत ही रचना आढळते. उभय प्रकारच्या ग्रंथीचे मार्ग एकाच पोकळीत उघडत असल्यामुळे फलनक्रिया समागमाशिवाय होते.

काही द्विलिंगी प्राणी स्व-फलनक्रियेच्या सहाय्याने प्रजनन करू शकतात पण त्याऐवजी ते सहचारीच अधिक पसंत करतात. बेडकाच्या मूत्रशयात राहणारे बहुमुखी परोपजीवी या प्रकारे प्रजनन करतात. दोहोतील समागम त्यांच्यात रूढ असून सहचारी मिळालाच नाही तर मात्र स्व-फलनाचा मार्ग धरतात. अनेक उभयलिंगी प्राणी या ना त्या कारणामुळे स्व-फलनमार्गे प्रजनन करू शकत नाहीत. सामान्यतः दोन्ही बीजे एकाच वेळी परिपक्व होत न नाहीत. काही वेळा एकाच उभयलिंगी प्राण्यातील शुक्राणूमार्फत बीजांडाचे फलनच होत नाही. ॲसिडियन या पाण्यातील प्राण्यांमध्ये हा प्रकार पहावयास मिळतो पण त्यामागील गूढ उकललेले नाही.

स्व-फलन मार्गे प्रजनन न करू शकणारे अनेक उभयलिंगी प्राणी प्रजनन कालात नराची आणि मादीची अशी दोन्ही प्रकारची भूमिका बजावितात. किंवा, आपल्या आयुष्यातील काही काळ नर म्हणून तर काही काळ मादी म्हणून आपल्या भूमिका पार पाडतात.

यापैकी पहिल्या गटातील अगदी परिचित उदाहरण म्हणजे गांडुळाचे असून या प्रत्येक कृमीच्या सोळाव्या खंडावर जननेंद्रियाची दोन तोंडे ऊर्फ रंध्रे असतात. एक रंध्र शुक्राणू उत्सर्जित करण्याकरता व दुसरे ते स्वीकृत करण्यासाठी असते.

समागमकाली हे दोन कृमी एकमेकांवर अशा प्रकारे दाब देतात की एकाचे शुक्राणू टाकणारे रंध्र व दुसऱ्याचे स्वीकारणारे रंध्र बरोबर एकावर एक येईल. ही क्रिया चालू असताना जो चिकट पदार्थ पाझरतो त्यामुळे वरील स्थितीमध्ये दोन्ही कृमी खूप वेळ राहू शकतात.

काळया डोक्याच्या माशाच्या (ब्लॅकहेडेड मिनोच्या) कल्ल्यात राहणारा एक परोपजीवी कृमी हा या गटाचा आणखी एक प्रतिनिधी होय. तारुण्यात प्रवेश करणापूर्वी ते स्वतंत्रपणे राहतात पण नंतर त्यांच्या जोड्या तयार होऊन एकमेकांशी आडव्या स्थितीत राहतात. ही स्थिती पुढील साऱ्या आयुष्यभर कायम राहते. काही पक्षांच्या घशात राहणारे परोपजीवी कृमी आपले सारे आयुष्य समागमस्थितीतच काढतात. त्यांची जोडी इंग्रजीतील "व्ही" V या अक्षराप्रमाणे दिसते.

चांगले विकसित झालेले एकलिंगी जीवही आपले लिंग बदलतात. तलवारीप्रमाणे शेपूट असणाऱ्या माशातील (स्वोर्ड-टेल्ड् मिनोतील) मादी प्रजा निर्माण करते पण नंतर त्या तरुण मादीचे पूर्ण वाढीच्या नरात रूपांतर होते. बेडकांमध्येही हाच प्रकार आढळतो.



या ठिकाणी निसर्गात आढळणाऱ्या एका मनोरंजक प्रकाराचा उल्लेख करणे उचित ठरेल. हा प्रकार वरवर पाहता द्विलिंगी आहे असेच वाटते पण प्रत्यक्षात मात्र भिन्नलिंगीयांचे एकमेकांच्या शरिरावर परोपजीवी पद्धतीचे राहणे असते.

काही कृमींच्या माद्यांच्या जननेंद्रियात अनेक नर राहणे शक्य असते. मादीपेक्षा ते खूपच वेगळे असतात. त्यामुळे ती एक वेगळीच जात समजण्याची शक्यता निर्माण होते. बराच काळ असा घोटाळा खरोखरीच झाला. मादीच्या जननेंद्रियातच राहणाऱ्या नरांकडून स्त्रीबीजांडाचे फलन होण्याची शक्यता केव्हाही अधिकच असणार.

याउलट, म्हणजे नराच्या शरिरात राहणाऱ्या माद्याही असतात. माशाच्या रक्तात राहणाऱ्या एका परोपजीवी कृमीच्या प्रकारात, नराच्या शरिरावर एक खोल घडी असते व त्यात मादी राहते. या "नळी" तून मादीचा फक्त पुढचा आणि मागचा भागच काय तो बाहेर डोकावतो. मादीच्या शरिरावर परोपजीवी प्राण्याप्रमाणे राहणाऱ्या अँजलर माशातील नराचा उल्लेख मागील एका प्रकरणात आलाच आहे.

निम्नस्तरीय जीवमात्रात उभयलिंगता पुष्कळदा आढळते पण विकसित प्राण्यात ती अपवादात्मक आणि विकृती म्हणून पाहिली जाते. माणसातही ही विकृती आढळते. या विकृतीचे सहसा दिसणारे स्वरूप हे की व्यक्तीमध्ये विरुद्ध धर्माची लक्षणे आढळतात. पुरुषाला दाढी किंवा मिशा नसतात, वक्षप्रदेश फुगीर होतात आणि त्याचा पार्श्वभाग व इतर भागही गोलाकार, गुबगुबित व गोंडस बनतात. याउलट, स्त्रियांच्या चेहऱ्यावर, हातापायांवर तसेच इतरत्रही केस वाढतात, त्यांची छाती सपाट होते आणि आवाजही घोगरा होतो.

मूळ लिंगाच्या विरुद्ध स्वरूपाच्या लिंगात बदल होणे किंवा तसे दिसू लागणे हा प्रकार सहसा आढळत नाही. पुष्कळदा ती अपूर्ण वाढीची असतात. शिवाय ठळकपणेही दिसत नाहीत. अशा व्यक्तीचे लिंग ठरविणे अवघड जाते.

या प्रकारास छद्मी किंवा नकली उभयलिंगता म्हटले जाते, कारण त्याच्या बाह्यस्वरूपातच बदल दिसतात. या व्यक्तीतील लैंगिक ग्रंथी फक्त एकाच वैशिष्ट्याच्या असतात, त्या कधी कधी केवळ अपूर्ण वाढीच्या असतात एवढाचा काय तो फरक.

जेथे दोन्ही प्रकारची जननेंद्रिये अस्तित्वात आहेत अशी स्पष्ट उभयलिंगता माणसात अतिशय दुर्मिळ असते. खरोखरीची अशी अगदी मोजकीच उदाहरणे ज्ञात आहेत. त्यापैकी बहुतेक प्रकारात दोन्हींपैकी एक ग्रंथीच आपले विशिष्ट कार्य करण्याइतपत पूर्णपणे विकसित होते.

द्विलिंगी नवजात बालकाचे लिंग ठरविणे (जन्माचे वेळी आणि नंतरही) हे फार अवघड काम असल्यामुळे, ते नोंदणाऱ्या डॉक्टरच्या हातून चूक होणे अगदी शक्य असते. अशा मुलास वाढविताना चुकीच्या दृष्टिकोनातून वाढविले जाते. (मुलगी समजून किंवा त्याउलट) आणि पुढे त्यांची मनःप्रवृत्ती व लैंगिक कल मात्र प्रत्यक्षातील लैंगिक ग्रंथीनुसार जुळेनासा होतो. अस्सल द्विलिंगी व्यक्तीची मनोरचना आणि लैंगिक भावना भावी आयुष्यात बदलतातही.

आज मात्र शस्त्रक्रियेचे तंत्र एवढे प्रगत झाले आहे की अशा प्रकारची विकृती, रूग्णास कोणताही त्रास न होता दूर करता येते. कोणत्या लैंगिक ग्रंथी शस्त्रक्रियेच्या सहाय्याने काढून टाकावयाच्या हे ठरविताना शल्यचिकित्सक रुग्णाच्या मानसशास्त्रीय स्वरूपास प्रथम आणि नेहमीच प्राधान्य देतात. लैंगिक ग्रंथीचा विकास दुय्यम समजला जातो. मानसशास्त्रीय स्वरूपाबाबतच

जर द्विधा परिस्थिती असेल तर मग रुग्णाच्या लैंगिक ग्रंथी विचारात घेतल्या जातात.

अजाण गर्भधारणा

आपण हे नेहमीच गृहित धरून चालतो की पुंबीजे व स्त्रीबीजे असणाऱ्या प्राणिमात्रातील गर्भधारणा, या दोहोंच्या संबंधातून होते. पण तसे नेहमीच घडते असे नाही. ही वस्तुस्थिती, अठराव्या शतकाच्या सुरुवातीस प्रथम ल्युनहॉक या डच निसर्गवेत्त्याने दाखवून दिली व हा प्रकार अनिकेषजनन किंवा अजाण गर्भधारणा म्हणून ओळखला जातो.

पुनरुत्पादनाची कोणतीही रीत असो, काही बीजांडे नेहमीच अफलित राहतात, पण थोडक्याच कालावधीत ती नष्टही होतात. यास अनेक अपवाद आहेतच. काटेरी त्वचेच्या प्राण्यांची (उदा. तारामाशांची), काही कृमींची आणि अनेकसंधिपाद प्राण्यांची (उदा. खेकड्याची) अफलित अंडी, फलित अंड्याप्रमाणेच विभाजन पावण्यास व त्यांच्या वाढीस सुरुवात होते, पण ती पूर्णपणे कधीच वाढत नाहीत. विशिष्ट टप्प्यापाशी ही वाढ थांबते आणि गर्भ नाश पावतो. या जातींमध्ये अशा अफलित अंड्यापासून नवा व पूर्ण वाढीचा जीव क्वचितच उत्पन्न होतो.

पूर्वी उल्लेखिलेल्या प्राण्यांमध्ये पुंबीजविरहित पुनरुत्पादन ही एक अपवादात्मक घटना असून ती प्राथमिक महत्त्वाची मुळीच नसते. पण अशाही काही जाती आहेत की त्या अशा पुनरुत्पादनाशिवाय टिकणारच नाहीत. त्या पुंबीजविरहित पुनरुत्पादनामार्गे तरी प्रसार पावतील किंवा या व रूढ मार्गाने आलटून पालटून वाढत राहतील. या पद्धतीस हंगामी अनिकेषजनन म्हटले जाते. मावा ऊर्फ पान ऊ आणि इतर अनेक कीटकांतील हे वैशिष्ट्य आहे.

द्राक्ष-कीटकानी हिवाळ्यात घातलेल्या अंड्यातून वसंत-ऋतूमध्ये फक्त माद्याच जन्मतात. हे कीटक प्रत्येकी पन्नास अंडी घालतात व अनिकेषजननाद्वारे तशाच माद्या तयार होऊन त्याही पुन्हा अफलित अंडी घालतात. उन्हाळ्यात, एकापाठोपाठ एक या प्रमाणे अनेक पिढ्या एकही नर न जन्मता निर्माण होत असतात. हिवाळ्यात मात्र या अफलित अंड्यांमधून, एकमेकांपासून अगदी भिन्नस्वरूपी व पंखधारी माद्या जन्मास येतात. त्यापैकी काही मोठ्या आकारातील अंडी घालतात आणि त्यातून माद्या जन्मास येतात. इतर लहानशी अंडी घालतात व त्यातून नर निपजतात. ही सारी अंडी

अनिकेषजननमार्गेच वाढतात. नर अवतीर्ण झाल्यावर मगच लैंगिक प्रजनन शक्य होते.

अनिकेषजननमार्गे निर्माण होणाऱ्या प्रजेचे लिंग कोणते? वर उल्लेखिलेल्या द्राक्ष-कीटकांचे उदाहरण लक्षात घेता ते पुल्लिंगी व स्त्रीलिंगीही असतात. पण अनिकेषजननात नर जन्मास येणे अधिक सर्वसामान्य आहे. समागमकाली बीजांचा सारा साठा संपविल्यानंतर वाढत्या वयाची राणीमाशी जी अंडी घालते, तीमधून फक्त नर-मधमाशाच जन्मास येतात. याची आवश्यकता निर्विवाद आहे, कारण त्यामुळेच जातिरक्षण होऊ शकते. या काळात जन्मणाऱ्या नरांमुळे तरुण राणीमाशीचे फलन निश्चितपणे घडून येते.

अनेक प्राण्यांचे लैंगिक पुनरुत्पादनावाचून काहीही अडत नाही. ठिपकेयुक्त सायटोमाच्या एका प्रकाराचे अठ्ठावीस वर्षे सतत निरिक्षण करण्यात आले. या काळात एकशे चोवीस पिढ्या तयार झाल्या, पण त्यामध्ये एकही नर नव्हता. या सर्व पिढ्या अनिकेषजननमार्गेच निर्माण झाल्या. अनिकेषजननाचे हे सातत्य काही प्रकारच्या मुंग्यांमध्ये, कुंभारिण माशांमध्ये (गॅलवास्पमध्ये) आणि इतर काही कीटकात आढळले आहे. त्यांच्यात नर नाहीच आणि जर कधी कदाचित् अवतरलाच तर तो सदोष असतो आणि प्रजननात भाग घेत नाही.

अनिकेषजनन हे फक्त अगदी आदीम प्राण्यांचेच वैशिष्ट्य आहे असे कुणी समजण्याचे कारण नाही. खडकात राहणाऱ्या सरड्यांच्या सहा उपजाती अमेरिकेत आढळतात. त्यापैकी तीन उपजातीत नर अजिबात आढळत नाही. माद्या अफलित अंडी घालतात व त्यांची वाढ अनिकेषजननमार्गे होऊ शकते.

बालजनन हे अनिकेषजननाचे एक अत्यंत कुतुहलजनक स्वरूप आहे. आपल्या आईलाच खाऊन टाकणाऱ्या आळ्यांचा उल्लेख या पूर्वी आलाच आहे. बालजननाचे एक अगदी असामान्य उदाहरण नांगरफाळी चापट कृमींचे (ट्रेमॅटोडा वर्गातील) असून ते माशांमध्ये परोपजीवी स्वरूपात राहतात. या कृमीतील मादीच्या शरिरात फक्त एकच अंडे असते व त्यापासून गर्भ तयार होतो. या गर्भात अनिकेषजननमार्गे दुसरा गर्भ तयार होतो व त्यापासून तिसरा, चौथा व पाचवा गर्भ निर्माण होतो. याप्रमाणे एकाच वेळी व एकात एक अशा पाच पिढ्यांची वाढ चालू राहते. हा प्रकार रशियन मत्र्योश्काशी अगदी मिळताजुळता असाच असतो. यापैकी फक्त सहावी पिढीच काय ती लैंगिकदृष्ट्या परिपक्व स्थितीत तयार होते.

हे पाहता असा प्रश्न उद्भवतो की केवळ स्त्रीबीजाचीच अनिकेषजननमार्गे वाढ होते काय? असे दिसून आले आहे की पुंबीजात किंवा शुक्राणूतही हा गुणधर्म काही प्रमाणात जरूर असतो. पण अनिकेषजननमार्गे वाढ होण्यास पोषक द्रव्यांची जी तरतूद हवी असते ती शुक्राणूत नसते. म्हणून, केंद्रकविरहित असे बीजांड जर नेहमीच्या शुक्राणूद्वारे फलित केले गेले तर अधिक चांगले निष्कर्ष मिळू शकतील. यामुळे शुक्राणूस पोषकद्रव्यांचा मोठा साठा उपलब्ध होऊन त्याची खात्रीपूर्वक वाढ होणे शक्य असते. समुद्र-काकडी या सागरी प्राण्याबाबत असे प्रयोग केले गेले. त्याच्या केंद्रकविरहित भागाचे फलन केले गेले असता अंड्याच्या एक-सदतिशांश भागाएवढी गर्भाची वाढ झाली.

अनिकेषजनन हा एवढा सर्वसामान्य आविष्कार असल्यामुळे त्याबाबतची शक्यता प्रयोगशाळेत कृत्रिमरीत्या अजमावली गेली. उष्णता आणि थंडी; अतिनील प्रकाश आणि किरणोत्सर्गी प्रारण यांचा वापर करण्यात आला. क्षार आणि आम्लद्रव्ये, तीव्र आणि सौम्य द्राव, मेदद्रावक, अल्कप्रधान कार्बनी संयुगे आणि इतर अनेक सारे पदार्थ वापरले गेले. शुष्किकरण, घर्षण, सूचिताभरण या तंत्रांचाही उपयोग करण्यात आला. वरील अनेक पद्धतीनी अंड्याच्या वाढीस वेग दिला गेला. पण पूर्ण वाढ नेहमीच साधली नाही. अंड्याच्या व गर्भाच्या योग्य वाढीसाठी जी परिस्थिती लागते ती प्रयोगशाळेत अगदी तंतोतंत निर्माण करणे अत्यंत कठीण असते.

काही वेळा अशा कृत्रिम उपायानी वाढणारी अंडी दोषपूर्ण राहतात. त्यास जी अनेक कारणे आहेत त्यापैकी एक हे की निर्माण होणाऱ्या गर्भाच्या समप्रमाणतेस धक्का पोहोचतो. गर्भाच्या उभय बाजूंच्या समानतेची एक पातळी असते. स्त्रीबीजांडात शुक्राणूच्या प्रवेशाची जागा या पातळीनुसार ठरते. बहुसंख्य जीवमात्रात तसे घडते. या बाबतीत, वापरली गेलेली कोणतीच पद्धती शुक्राणूस पर्यायी ठरली नाही, किंवा स्त्रीबीजांडाचा नेमका विवक्षित भाग वाढवू शकली नाही. सुईने पाडले गेलेले छिद्र शुक्राणूच्या कामाची कधीच बरोबरी किंवा नक्कल करू शकत नाही. या कामासाठी शुक्राणूस लागणारा वेळही, वरवर पाहता खूप अधिक असतो. तरी सुद्धा, लॅंपरे मासे, बेडूक आणि अगदी सस्तन प्राण्यांसह अनेकांच्या बाबतीत नेहमीसारखी पूर्ण वाढीची वैयक्तिक उदाहरणे यशास्वी झाली आहेतच.

अंड्यास क्रियाशील करण्याच्या ज्या विविध पद्धती आहेत त्यामुळे

उत्स्फूर्त किंवा अचानकपणे होणाऱ्या अनिकेषजननाची काही उदाहरणे स्पष्ट करता येतात. त्यास अनेक धोकादायक परिणाम, दाहदायक, विशेषत: ऱ्हासकारक प्रक्रिया जबाबदार असतात. उत्स्फूर्त अनिकेषजनन अस्तित्वात आल्याची फारच थोडी उदाहरणे सस्तन प्राण्यात आढळतात. तथापि, विभाजनाच्या सुरुवातीस अंडे नाश पावत असल्यामुळे वस्तुस्थितीचे खरेखुरे चित्र मिळणे अवघड आहे.

मानवी स्त्रीतील बीजांडांची अनिकेषजनमार्गे वाढ होणे शक्य असते. अत्यंतिक अनुकूल परिस्थितीत अगदी क्वचित प्रसंगीच अशा मार्गे मूल जन्मास येते. हे कृत्रिमरीत्या जमू शकते. अफलित मानवी बीजांड विभाजनाच्या सुरुवातीच्या टप्प्यात रक्तजलात ठेवून निरिक्षण्यात आले. तथापि, वाढीतील दोष आणि वाढीसाठी जरूरी असणारी नेहमीची परिस्थिती निर्माण करणे शास्त्रज्ञाना जमले नाही. याबाबत पेट्रुसी या इटालियन शास्त्रज्ञाने जे यशस्वी प्रयोग केले आहेत ते पाहता, मानवी गर्भाची अनिकेषजननद्वारा होणारी वाढ खूप अलिकडच्या टप्प्यांपर्यंत समजू शकेल.

एका अंड्यातून किती पिल्ले?

एखाद्याची कोंबडी जर पंधरा अंडी उबवत असेल तर तो काही तीस पिलांची अपेक्षा करणार नाही. प्रत्येक अंड्यातून एक पिल्लू असाच त्याचा हिशेब राहणार. वस्तुस्थितीसुद्धा अशीच असते की बहुसंख्य प्राणिमात्रात फलित अशा प्रत्येक अंड्यात एकच एक गर्भ वाढतो.

तथापि, अनैसर्गिक किंवा विकृत वाढीतून प्राथमिक विभाजनाच्या वेळी दोन पेशी अस्तित्वात येतात. त्या स्फितिका-खंड म्हणून ओळखल्या जातात आणि त्यामागची कारणे अद्यापि स्पष्ट नाहीत. हे स्फितिका-खंड पुढे अगदी स्वतंत्रपणे वाढून त्यांचे दोन गर्भात रूपांतर होते. कधी कधी याही पुढच्या टप्प्यात, म्हणजे गर्भात जेव्हा शेकडो पेशी निर्माण झालेल्या असतात तेव्हाही अशाप्रकारे विभाजन होऊ शकते.

एकाच बीजांडापोटी तयार होणारे जुळे, हा अविष्कार विविध प्राण्यात आणि माणसातही पहावयास मिळतो. कोंबड्यात मात्र तसे पहावयास मिळणे दुर्लभ आहे. तरीसुद्धा असे एक उदाहरण पहावयास मिळाले की ज्यात कोंबडीच्या एकाच अंड्यातून अकरा व सोळा ग्रॅम वजनाची दोन छोटीशी

पिले जन्मली. परिपूर्ण अभ्यासातून असे आढळले की पक्ष्यांच्या अंड्यातही असे द्विविभाजन होऊ शकते, पण अस्तित्वात येणारे गर्भ निरपवादपणे नाश पावतात.

काही प्राण्यात केवळ अपवादात्मकरित्या एकाच बीजांडातून जुळी जन्मास येत असली तरी असेही अनेक प्राणी आहेत की ते नियमितपणे व नेहमीप्रमाणे अशा जुळ्याना जन्म देतात. आर्माडिलो या अमेरिकेतील सस्तन प्राण्याचे उदाहरण या प्रकारच्या प्राण्यात मोडते. या प्राण्याचा टेक्सास येथे आढळणारा जो प्रकार आहे त्याच्या फलित अंड्यात नेहमीच चार गर्भ वाढतात. (आर्माडिलोत, प्रत्येक गर्भधारणेच्या आधी फलन केले जाणारे असे फक्त एकच परिपक्व अंडे असते.) दक्षिणेकडील प्रकारात गर्भसंख्या कमीअधिक असते पण नवापेक्षा सहसा जास्त नसते. प्रत्येक बाळंतपणातील सर्व प्रजा एकाच लिंगाची असते.

एकाच अंड्यापासून अनेक गर्भांची वाढ होणे हा प्रकार परोपजीवी कृमीं-मध्ये अतिशय रूढ आहे. आपली जाती टिकविण्याच्या दृष्टीने याची त्याना जरूरीच असते. विशेषत: ज्या परोपजीवी कृमीना आपल्या नव्या यजमाना-च्या शरिरात प्रवेश करणे फार अवघड असते त्याना तर अशी जरूरी अधिकच भासते. असाच एक परोपजीवी कृमी आपली अंडी हेसियन फ्लाय् नामक माशीच्या अंड्यावर घालतो. या कृमीच्या अंड्याचे सोळा भागात (पेशीत) विभाजन होते. पुढील विभाजनानंतर प्रत्येकातून एक किंवा दोन गर्भ वाढतात. तथापि, सर्वसाधारण परिस्थितीत, आठापेक्षा जास्त जीव जन्माला येत नाहीत.

इक्न्यूमॉन फ्लाय नामक माशीचे एक अंडे १००० ते १५०० जीवाना जन्म देते. एवढ्या मोठ्या संख्येतील गर्भाना एका अंड्यामार्फत पोषणद्रव्ये पुरविणे अशक्यच असते, त्यासाठी कोणाचा तरी बळी देणे भाग पडते. या जातीच्या माशीच्या अंड्यांमध्ये असे अन्न बहुधा साठविलेलेच नसते, कारण त्याची गरज भासत नाही.

एकाच अंड्यातून जन्मणारी पिले खऱ्या अर्थी एकाच बीजपासून तयार होणारी जुळी नसतात. गिटार-फिश, द्विनेत्री रे ऊर्फ विजेरी मासा तसेच करवत-मावा याच्या पिल्लांची संख्या तीन ते पाच किंवा आठही असते आणि काही विजेरी माशात ती बारापर्यंतही पहावयास मिळते. पण ती सारी एकाच अंड्यापासून तयार होत नाहीत. एकबीजांडी प्रजननाचा हा नकली प्रकार

झाला. प्रत्येक वेष्टनात पूर्णतया स्वतंत्र अशी अनेक अंडी सामावलेली असतात व त्या प्रत्येक अंडचातून एक जीव वाढीस लागतो.

बीजांडाचे विभाजन अपूर्ण झाले असताही जुळी जन्माला येतात पण ती एकमेकाना कुठेना कुठे तरी जुळलेली असतात. जर विभाजन अत्यल्प प्रमाणात झाले तर विकृती निर्माण होतात. पक्षांची चार पायांची पिले, गायीची दोन डोक्यांची वासरे, दोन शेपटचांची गाढवे व मासे, दोन डोक्यांचे भारद्वाज ऊर्फ चंडोल पक्षी अशी विविध उदाहरणे पहावयास मिळतात. सरपटणाऱ्या प्राण्यात अशा विकृतींचे प्रमाण फार मोठे असते. दोन किंवा अगदी तीन डोक्यांचे साप अनेकदा पहावयास मिळतात. या उदाहरणांमुळेच की काय, दंतकथांमध्ये अनेक डोक्यांच्या पंखधारी सर्पाचा प्रवेश झाला असावा आणि बिझांटाईन साम्राज्याच्या राजमुद्रेत दोन डोक्यांच्या गरुडास स्थान मिळाले असावे. याच राजमुद्रेचा पुढे तिसरा इवान या रशियन झारने स्वीकार केला.

एकाच अंडचामार्फत प्रयोगाद्वारे अनेक जीवांचे उत्पादन करता येईल का?

द्विविभाजनातून मिळणारे दोन भाग लगेच जर वेगळे केले तर प्रत्येकाची परिपूर्ण अशा वैयक्तिक जीवात वाढ होऊ शकते. दुसऱ्या विभाजनानंतर मिळणाऱ्या चार भागांची अशीच वाढ होणे शक्य असते. तिसऱ्या आणि चौथ्या विभाजनातून मिळणारे आठ व सोळा भाग नेहमीप्रमाणे वाढू लागतात. पण सुरुवातीची वाढ होता होताच गर्भ नाश पावतो. वाढीच्या खूप पुढच्या टप्प्यात अंडचाचे कृत्रिमरित्या विभाजन करून हे भाग (स्फितिकाखंड) वाढविण्याबाबत काही निष्कर्ष असे मिळालेले नाहीत.

थोडक्यात, एका अंडचातून एकापेक्षा अधिक पिले जन्मणे शक्य आहे.



आपल्या ग्रहावरील लाखो प्राण्यांच्या शरिरामध्ये नियमित-पणे घडून येणाऱ्या क्रियासंबंधी आश्चर्यकारक माहिती देणारे हे पुस्तक आपणाला मनोरंजक वाटेल यात शंका नाही.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

